



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON**

SHINTA YANUAR IZZATI  
NRP 3112 100 035

Dosen Pembimbing  
Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2015



FINAL PROJECT – RC14-1501

**MODIFY DESIGN OF RSUD-KOJA JAKARTA WITH  
STEEL AND CONCRETE COMPOSITE STRUCTURE**

SHINTA YANUAR IZZATI  
NRP 3112 100 035

Lecture  
Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2015

**MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON  
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :  
SHINTA YANUAR IZZATI  
Nrp. 3112 100 035**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**

**Dosen Pembimbing**

**Dafa Izzata, ST., MT., PhD.  
NIP. 198004302005011002**

**SURABAYA**

**2015**



# MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA BETON

Nama Mahasiswa : Shinta Yanuar Izzati  
NRP : 3112100035  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing : Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

## ABSTRAK

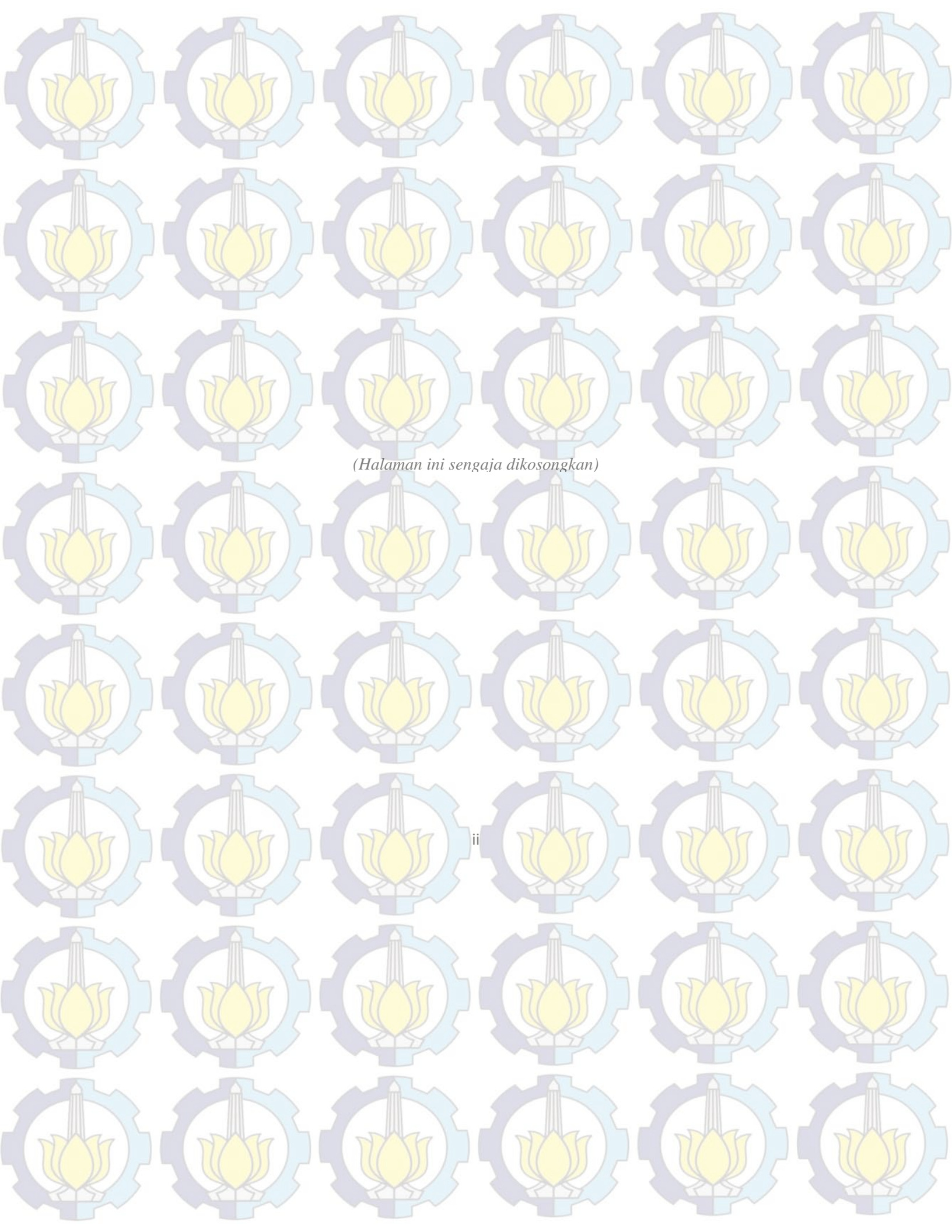
*Struktur Rumah Sakit Umum Daerah Koja Jakarta merupakan gedung yang terdiri dari 16 lantai dengan menggunakan struktur beton bertulang. Sebagai bahan studi perancangan, gedung ini dimodifikasi menjadi struktur komposit baja beton dengan menambahkan jumlah lantai menjadi 30 lantai. Keuntungan dari struktur komposit yaitu penghematan berat baja, mengurangi penampang balok baja, meningkatkan kekuatan pelat lantai, meningkatkan kapasitas pemikul beban, menambah panjang bentang pada bentang tertentu.*

*Tugas akhir ini membahas perencanaan ulang dengan menggunakan struktur komposit baja beton. Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan struktur sekunder, struktur primer, sambungan dan pondasi.*

*Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah memperoleh Perencanaan RSUD Koja Jakarta berdasarkan “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)” dan “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)”.*

**Kata Kunci : Modifikasi Perancangan, Struktur Komposit Baja Beton, Rumah Sakit**





*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*





## MODIFY DESIGN OF RSUD-KOJA JAKARTA WITH STEEL AND CONCRETE COMPOSITE STRUCTURE

Student Name : Shinta Yanuar Izzati  
Student Number : 3112100035  
Spesification : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Lecture : Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

### ABSTRACT

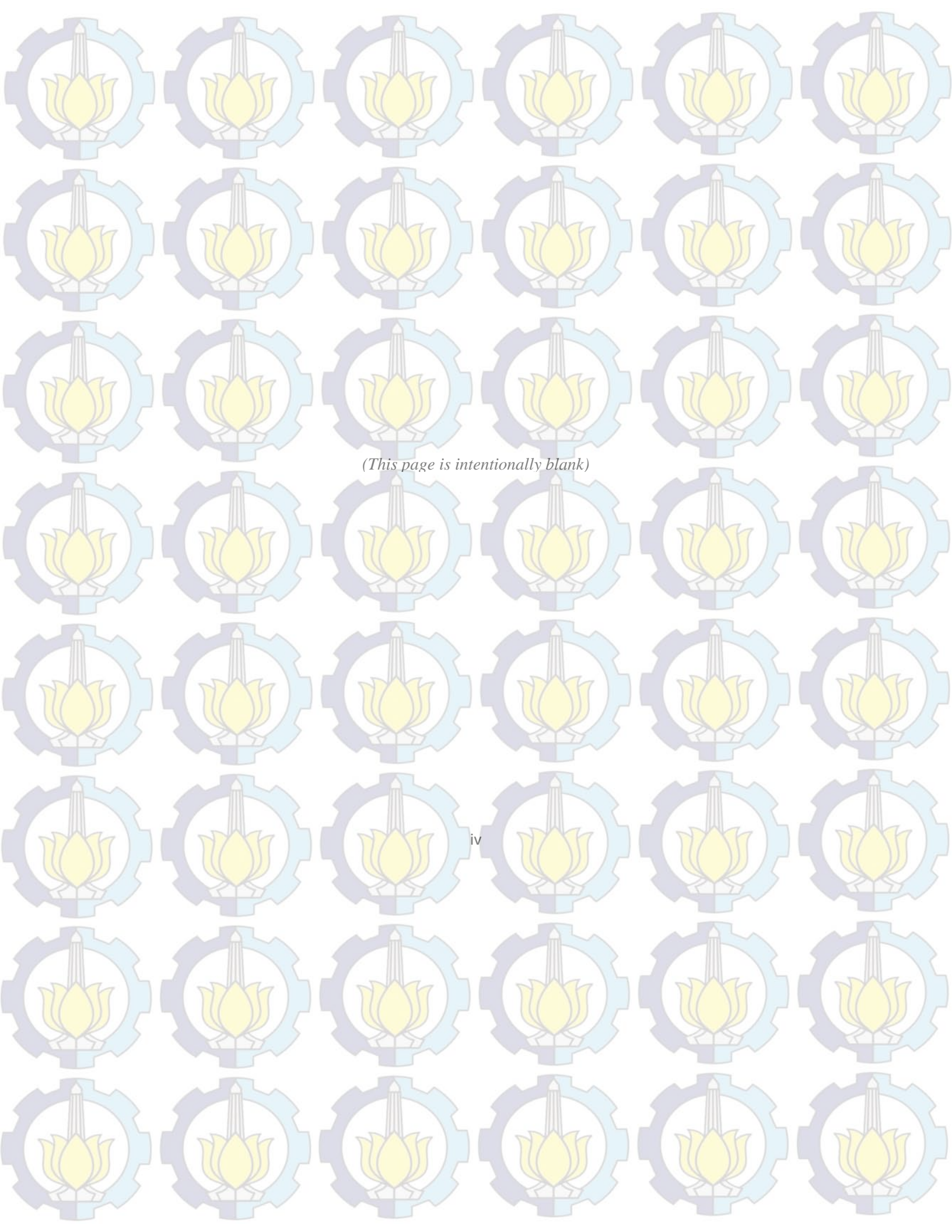
*The Structure of RSUD Kojakarta was a 16 level floor building with Reinforce Concrete Sistem Structure. As a study material, the building was modified to a steel and concrete composite structure with 30 level floor. Doing this would reduce the use of steel reinforcement and increase the floor plate strength.*

*The Final Project was discussing about redesigning the building with steel and concrete structure The redesigning include planning secondary structure, primary structure, sambungan and foundation.*

*The Output of this Final Project was to get RSUD Kojakarta Design that refers to existing requirement of SNI 1729:2015 about steel and composite structure and SNI 2847:2013 about concrete.*

**Key Words : Modify Design, Steel And Concrete Composite Structure, Hospital**





*(This page is intentionally blank)*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Perancangan RSUD-Koja Jakarta Menggunakan Struktur Komposit Baja Beton”. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

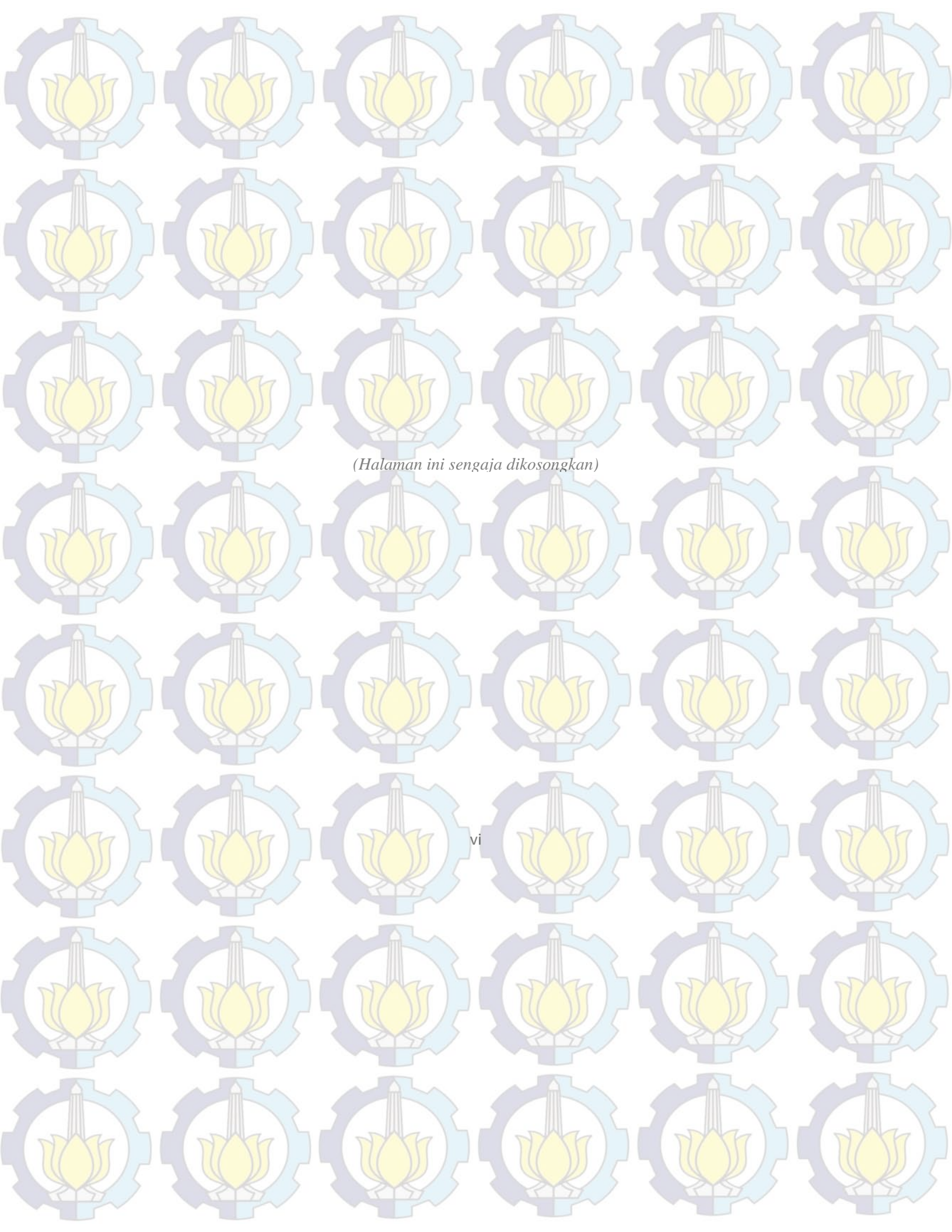
1. Data Iranata. ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing dan dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS.
3. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
4. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis dan orang lain.

Surabaya, Juni 2015

Penulis





*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 UMUM.....	5
2.2 STRUKTUR KOMPOSIT.....	5
2.3 SAMBUNGAN GESER.....	9
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>11</b>
3.1 BAGAN ALIR PENYELESAIAN TUGAS AKHIR...	11
3.2 DATA YANG BERKAITAN DENGAN PERENCANAAN.....	12
3.3 STUDI LITERATUR.....	13
3.4 PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	13
3.5 PRELIMINARY DESIGN DAN PEMBEBANAN.....	17
3.6 PEMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR.....	21
3.7 PERENCANAAN SAMBUNGAN.....	29
3.8 PERENCANAAN PONDASI.....	31
3.9 PENGAMBARAN HASIL PERHITUNGAN KE DALAM GAMBAR TEKNIK.....	35
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....</b>	<b>37</b>
4.1 PERENCANAAN STRUKTUR LANTAI.....	37
4.2 PERENCANAAN TANGGA.....	39
4.3 PERENCANAAN BALOK ANAK.....	56
4.4 PERENCANAAN BALOK LIFT.....	70



4.5	PERENCANAAN RAMP.....	77
<b>BAB V</b>	<b>PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA..</b>	<b>89</b>
5.1	DATA GEDUNG.....	89
5.2	PEMBEBANAN DAN ANALISA STRUKTUR.....	90
5.3	PERENCANAAN BALOK INDUK.....	110
5.4	PERENCANAAN KOLOM K1.....	115
5.5	PERENCANAAN KOLOM K2.....	119
5.6	PERENCANAAN KOLOM K3.....	122
5.7	PERENCANAAN KOLOM K4.....	125
<b>BAB VI</b>	<b>PERENCANAAN SAMBUNGAN.....</b>	<b>129</b>
6.1	SAMBUNGAN BALOK ANAK LANTAI DENGAN BALOK INDUK.....	129
6.2	SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM.....	131
6.3	SAMBUNGAN ANTAR KOLOM.....	151
6.4	SAMBUNGAN KOLOM DENGAN BASE PLATE...	169
<b>BAB VII</b>	<b>PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH.....</b>	<b>173</b>
7.1	UMUM.....	173
7.2	DATA TANAH.....	173
7.3	KRITERIA DESAIN.....	174
7.4	DAYA DUKUNG TANAH.....	174
7.5	PERENCANAAN POER (PILE CAP).....	178
7.6	PERENCANAAN SLOOF (TIE BEAM).....	183
7.7	PERENCANAAN BASEMENT.....	186
<b>BAB VIII</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>189</b>
8.1	KESIMPULAN.....	189
8.2	SARAN.....	190
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>191</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Balok Komposit dengan Pelat Bondek	5
Gambar 2.2	Kolom Komposit Baja Berselubung Beton	6
Gambar 2.3	Penampang Komposit Kolom King Cross	7
Gambar 3.1	Ilustrasi Tekanan Tanah Secara Umum	15
Gambar 3.2	Ilustrasi untuk Koreksi Harga SPT	35
Gambar 3.3	Penampang Kritis pada Pondasi untuk Aksi Dua Arah	36
Gambar 4.1	Denah Tangga	40
Gambar 4.2	Potongan Melintang Anak Tangga	42
Gambar 4.3	Pelat Bordes	45
Gambar 4.4	Pembebanan Struktur Tangga	50
Gambar 4.5	Bidang M Tangga	51
Gambar 4.6	Bidang D Tangga	52
Gambar 4.7	Pembebanan Balok Tumpuan Tangga	54
Gambar 4.9	Balok Anak Atap	57
Gambar 4.10	Balok Anak Lantai 1-30	64
Gambar 4.11	Denah Lift	71
Gambar 4.12	Denah Ramp	78
Gambar 4.13	Pembebanan Struktur Ramp	82
Gambar 4.14	Bidang M Ramp	83
Gambar 4.15	Bidang D Ramp	83
Gambar 4.16	Pembebanan Balok Tumpuan Ramp	86
Gambar 5.1	Pemodelan Struktur dengan SAP2000	91
Gambar 5.2	Grafik Respon Spektrum	102
Gambar 5.3	Denah Pembalokan Lantai 2	110
Gambar 5.4	Penampang Kolom Komposit	116
Gambar 5.5	Penampang Kolom Komposit	119
Gambar 5.6	Penampang Kolom Komposit	122
Gambar 5.7	Penampang Kolom Komposit	126
Gambar 6.1	Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	129
Gambar 6.2	Sambungan Balok Induk Dengan Kolom	132
Gambar 6.3	Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom	133
Gambar 6.4	Sambungan Balok Induk Dengan Kolom	137
Gambar 6.5	Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom	138





Gambar 6.6	Sambungan Balok Induk Dengan Kolom	142
Gambar 6.7	Gaya yang Bekerja pada Profil T	143
Gambar 6.8	Sambungan Balok Induk dengan Kolom	147
Gambar 6.9	Gaya yang Bekerja pada Profil T	149
Gambar 6.10	Sambungan Antar Kolom	152
Gambar 6.11	Sambungan Antar Kolom	156
Gambar 6.12	Sambungan Antar Kolom	161
Gambar 6.13	Sambungan Antar Kolom	165
Gambar 6.14	Sambungan Las pada Base Plate	169
Gambar 6.15	Desain Base Plate Arah X	170
Gambar 6.16	Sambungan Kolom dengan Base Plate	172
Gambar 7.1	Denah Pondasi	176
Gambar 7.2	Geser Ponds Satu Arah	179
Gambar 7.3	Analisa Poer Sebagai Balok Kantilever Arah-x	181
Gambar 7.5	Diagram Interaksi Aksial vs Momen Sloof	185
Gambar 7.6	Diagram Tekanan Tanah pada Dinding Basement	186
Gambar 7.7	Penulangan Dinding Basement	188



## DAFTAR SIMBOL

Simbol

Definisi

Tabel

$\Delta$

Besar simpangan pada lantai yang ditinjau

5.2-5.5

$\delta_{ei}$

Simpangan antar lantai dalam kondisi elastis

5.2-5.5

$\delta_i$

Simpangan antar lantai akibat beban gempa

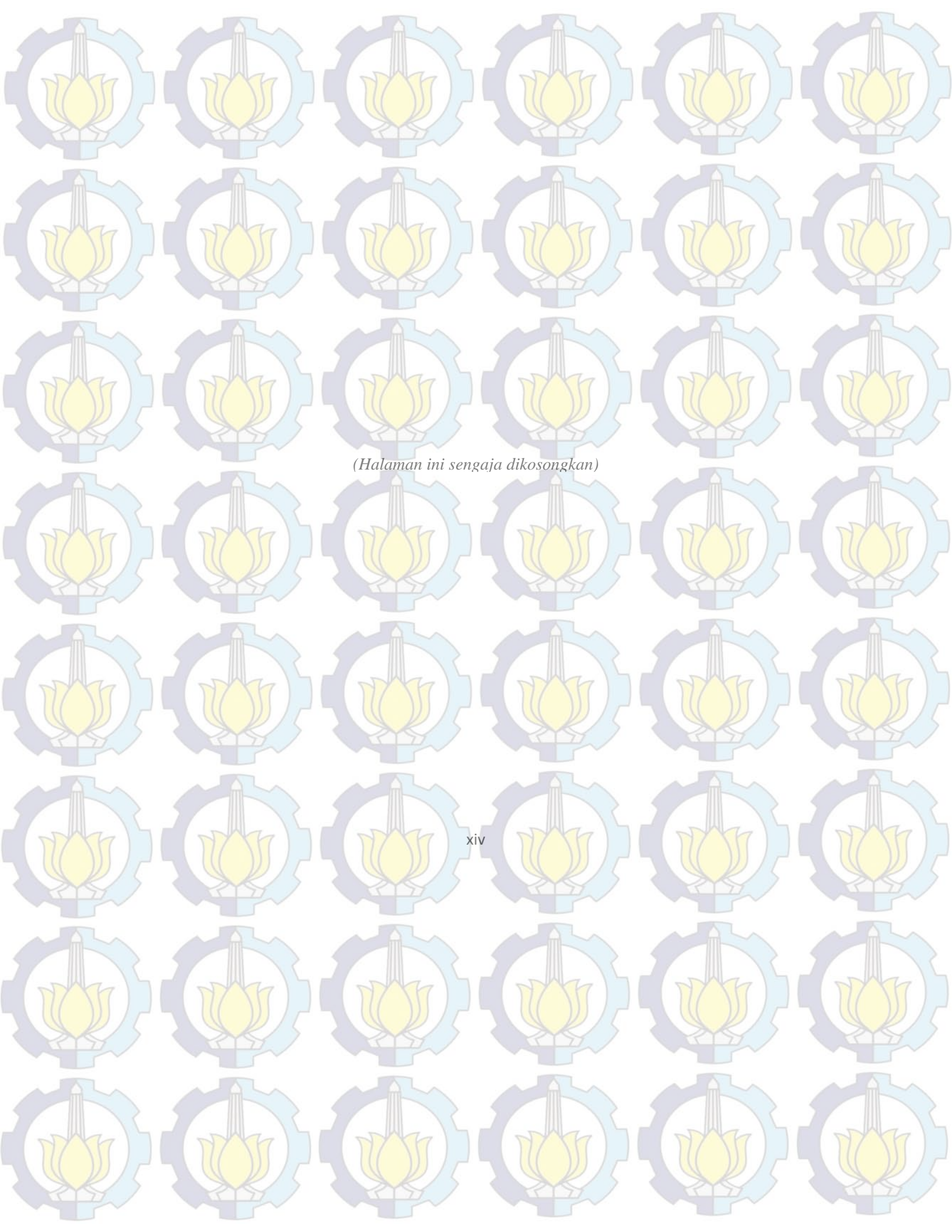
5.2-5.5

$\Delta_a$

Besar simpangan antar lantai yang diijinkan

5.2-5.5





*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

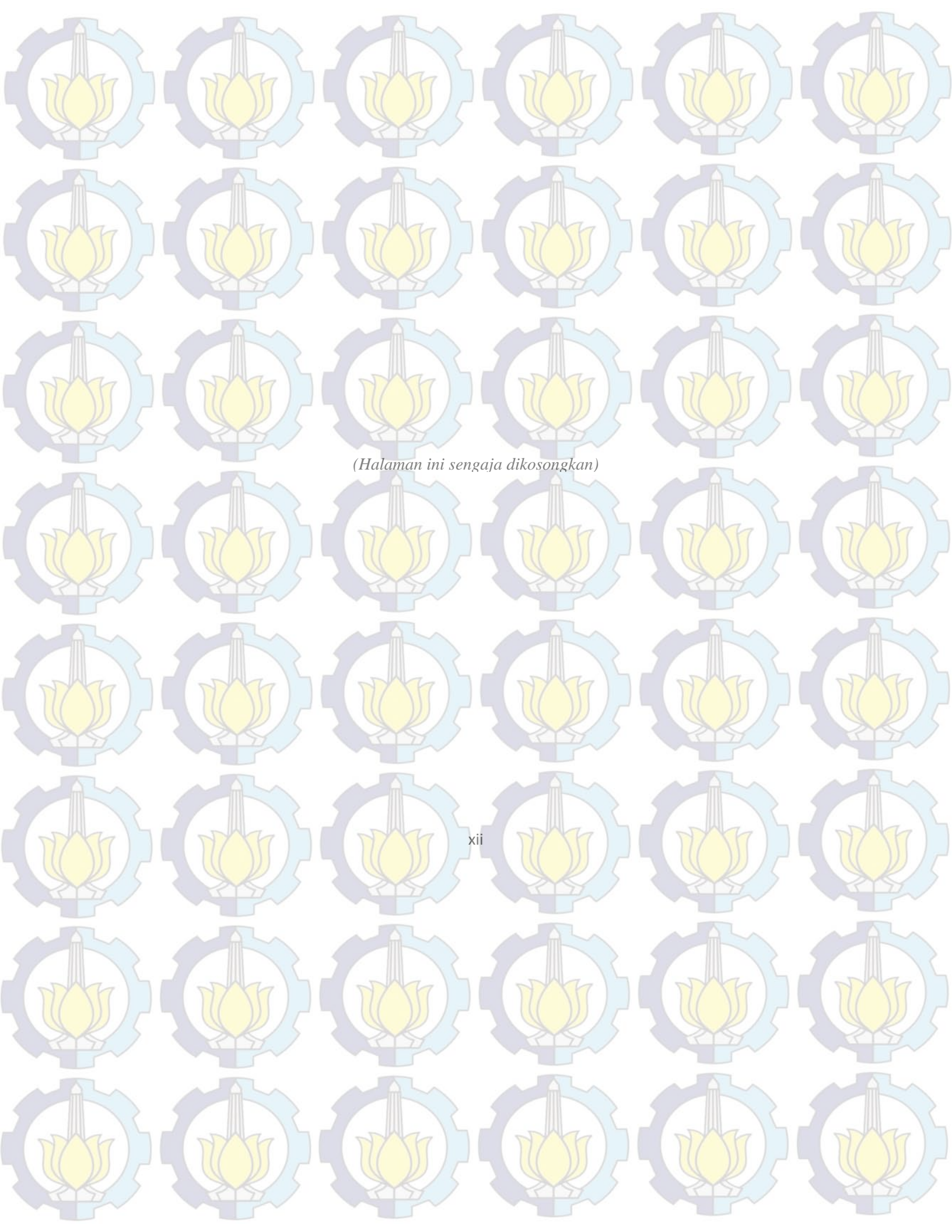




## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Rekapitulasi Berat Bangunan	98
Tabel 5.2	Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X	103
Tabel 5.3	Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X	104
Tabel 5.4	Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y	106
Tabel 5.5	Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y	107
Tabel 5.6	Rasio Partisipasi Massa Rumah Sakit Koja	109





*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kota Jakarta Utara merupakan kota dengan jumlah penduduk yang sangat padat. Kebutuhan akan sarana dan prasarana pendukung di kota tersebut juga sangat besar, salah satunya adalah kebutuhan fasilitas kesehatan. Sementara itu, ketersediaan lahan di kota tersebut semakin sedikit, hal ini menjadi alasan mengapa bangunan di kota Jakarta dibangun bertingkat dan salah satu contohnya adalah RSUD Koja Jakarta.

Proyek pembangunan gedung RSUD Koja berlokasi di Jalan Deli no. 4 Jakarta Utara memiliki 16 lantai & 1 basemen adalah proyek milik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Perencanaan rumah sakit ini akan dimodifikasi dengan beberapa penyesuaian, sesuai dengan keinginan pihak Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Modifikasi yang akan dilakukan adalah mengganti struktur yang telah direncanakan sebelumnya yaitu beton bertulang dengan struktur komposit baja dan beton dan menambahkan jumlah lantai rumah sakit yang semula 16 lantai menjadi 30 lantai.

Struktur komposit merupakan kombinasi beton dengan baja profil yang membentuk suatu kesatuan dan bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Bila pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh besi tulangan, maka pada beton komposit gaya-gaya tarik tersebut dipikul oleh profil baja. Perencanaan komposit memiliki beberapa keuntungan seperti:

1. Penghematan berat baja
2. Penampang balok baja dapat lebih rendah
3. Kekakuan lantai meningkat



4. Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar

5. Kapasitas pemikul beban meningkat

Struktur komposit semakin banyak digunakan dalam rekayasa struktur. Dari beberapa penelitian, struktur komposit mampu memberikan kinerja struktur yang baik dan efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan, kekakuan dan keunggulan ekonomis (Rinaldi dan Ruslailang, 2005 dalam Arifin, 2011).

Perencanaan struktur komposit menggunakan SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1729-2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada dalam modifikasi perencanaan gedung RSUD Koja dengan menggunakan struktur komposit baja beton, adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana menghitung pembebanan setelah modifikasi?
- 2) Bagaimana merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, tangga, lift dan ramp?
- 3) Bagaimana merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja beton berikut sambungan-sambungannya?
- 4) Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP2000?
- 5) Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan besar beban yang dipikul dan kondisi tanah dilapangan?
- 6) Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik?

### 1.3 Tujuan

Secara garis besar, tujuan dari penyusunan tugas akhir modifikasi gedung RSUD Koja dengan struktur komposit baja beton adalah sebagai berikut :

- 1) Merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, tangga, lift dan ramp
- 2) Merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja beton berikut sambungan-sambungannya
- 3) Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP
- 4) Merencanakan pondasi yang sesuai dengan besar beban yang dipikul dan kondisi tanah dilapangan
- 5) Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

- 1) Perhitungan sambungan meliputi balok-kolom dan kolom-kolom
- 2) Perencanaan gedung ditinjau dari segi teknik saja seperti : perencanaan balok anak, tangga, balok induk, kolom, pondasi dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000
- 3) Perencanaan tidak meninjau segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural dan manajemen konstruksi





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Struktur baja komposit dalam aplikasinya dapat merupakan elemen dari bangunan, baik sebagai kolom, balok dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Kolom komposit dapat merupakan tabung atau pipa baja yang didalamnya dicor beton atau baja profil yang diselimuti beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dengan dek baja bergelombang (Widiarsa dan Deskata, 2007 dalam Indrayanto, 2011).

Sistem struktur komposit terbentuk akibat interaksi antara komponen struktur baja dan beton yang karakteristik dasar masing-masing bahan dimanfaatkan secara optimal. Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah kekuatan tinggi, modulus elastisitas tinggi, serta daktilitas tinggi. Sedangkan karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah ketahanan yang baik terhadap api, mudah dibentuk dan murah (Kim, 2005 dalam Sasongko, 2011).

#### **2.2 Struktur Komposit**

Karena struktur komposit melibatkan dua macam material yang berbeda, maka perhitungan kapasitasnya tidak sesederhana bila struktur non-komposit. Karakteristik dan dimensi kedua bahan akan menentukan bagaimana pemilihan jenis profil dan pelat beton yang akan dikomposisikan dan kinerja struktur tersebut (Suprobo, 2000 dalam Sasongko, 2011).

Penampang komposit mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan penampang lempeng

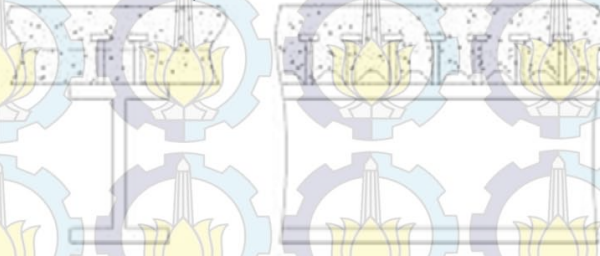


beton dan gelagar baja yang bekerja sendiri-sendiri dan dengan demikian dapat menahan beban yang lebih besar atau beban yang sama dengan lentur yang terjadi lebih kecil pada bentang yang lebih panjang. Apabila untuk mendapat aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan tebal pelat di seluruh lantai bangunan. Untuk bangunan-bangunan pencakar langit, keadaan ini memberikan penghematan yang cukup besar dalam volume bangunan (Amon, et al., 1999 dalam Indrayanto, 2011).

Besarnya redistribusi momen yang terjadi pada balok komposit menerus dipengaruhi oleh rasio perbandingan momen ultimate positif yang terjadi sebelum redistribusi dengan kapasitas momen lentur positif penampang. Makin kecil nilai rasio momen ultimate positif yang terjadi sebelum redistribusi dengan kapasitas momen lentur positif penampang, makin besar redistribusi yang terjadi atau dengan kata lain makin besar kapasitas penampang komposit dibandingkan momen ultimate pada daerah lapangan sebelum redistribusi dapat dilakukan (Sugiharto, et. al., 2001).

Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban, seperti pada pelat dan balok baja sebagai penyangganya (gambar 2.1), dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan. Pada balok non komposit, pelat beton dan balok baja tidak bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan karena tidak terpasang alat penghubung geser. Apabila balok non-komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan bawah pelat beton akan tertarik dan mengalami perpanjangan, sedangkan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami diperpendekan. Karena penghubung geser tidak terpasang pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja maka pada bidang kontak tersebut tidak ada

gaya yang menahan perpanjangan serat bawah dan memperpendek serat atas (Widiarsa dan Deskata, 2007 dalam Arifin, 2011).



Gambar 2.1. *Balok Komposit dengan Pelat Bondek*

Dalam Kajian Analitis dan Eksperimental Dek Baja Bergelombang Sebagai Elemen Pembentuk Pelat Komposit, menyatakan keuntungan yang dimiliki oleh pelat komposit ini dibandingkan dengan pelat beton bertulang biasa adalah kekakuan dek baja cukup tinggi sehingga memerlukan sedikit penyangga pada waktu pengecorannya, dapat menghemat jumlah pemakaian adukan beton karena memiliki ketebalan yang tipis, menghemat biaya dan waktu karena dek baja berfungsi sebagai formwork untuk pengecoran adukan beton dan dek baja bergelombang dapat dimanfaatkan sebagai tulangan tarik sehingga kebutuhan akan tulangan tarik dapat dikurangi, pelat baja bergelombang juga memiliki keterbatasan penggunaan dalam jenis pelat dek komposit (Lubis dan Proid, 1991 dalam Arifin, 2011).

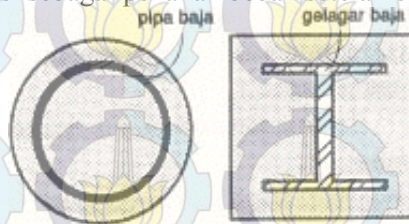
Metode pelaksanaan pekerjaan pelat lantai *halfslab* maupun pelat komposit bondek tidak memiliki perbedaan. Sedangkan untuk lama waktu dan biaya pelaksanaan, pelat komposit bondek membutuhkan waktu yang lebih lama dan biaya yang lebih mahal dari pada metode bondek tanpa komposit (Fastaria, 2014).

Kolom komposit dalam pengaplikasiannya telah secara luas digunakan dalam beberapa tahun terakhir



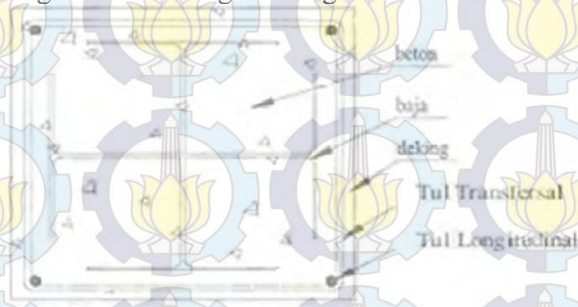
ini, terutama pada bangunan bertingkat. Awal mula pengembangan elemen kolom komposit yaitu dari profil baja berpenampang I yang dibungkus oleh beton yang tujuan utamanya sebagai pelindung dari api. Ada beberapa tipe dari kolom komposit yang sebagian besar digolongkan ke dalam *encased steel sections* (kolom baja berintikan beton). Untuk tipe *encased steel*, profil baja berpenampang I yang dibungkus oleh beton paling sering dijumpai (Hock dan Cheong, 2004 dalam Sasongko, 2011).

Pada kolom baja berselubung beton (gambar 2.1), penambahan beton dapat menunda terjadinya kegagalan *local buckling* pada profil baja serta berfungsi sebagai material penahan api, sementara itu material baja disini berfungsi sebagai penahan beban setelah beton gagal.



Gambar 2.2. Kolom Komposit Baja Berselubung Beton

Untuk design kolom menggunakan tipe King Cross (gambar 2.2), yaitu gabungan dua baja profil WF yang disilangkan dan dibungkus dengan beton.



Gambar 2.3. Penampang Komposit Kolom King Cross

Studi kekuatan *ultimate* pada balok komposit baja beton dalam kombinasi geser dan lentur menjadi sesuatu yang menarik untuk diteliti. Salah satu eksperimen yang dilakukan pada balok komposit menerus adalah dengan mengkombinasikan lentur negatif dan geser vertikal. Dari hasil eksperimen dapat diketahui bahwa tulangan baja longitudinal pada pelat beton dapat meningkatkan kekuatan dan kekuatan dari geser vertikal balok komposit (Johnson dan Willmington, 1972 dalam Indrayanto, 2011).

### 2.3 Sambungan Geser

Secara umum, profil I dengan penghubung geser dan sambungan las mengalami kegagalan pada daerah sekitar penghubung geser dan keruntuhan pada beton, bukan daerah las. Penghubung geser tipe stud dapat memberikan tahanan yang lebih kuat dari penghubung geser tipe “L” sebelum profil I mengalami kegagalan. Semakin besar mutu beton yang dipakai pada struktur komposit maka semakin kuat pula struktur komposit tersebut (Lahamukang, et al., 2014).

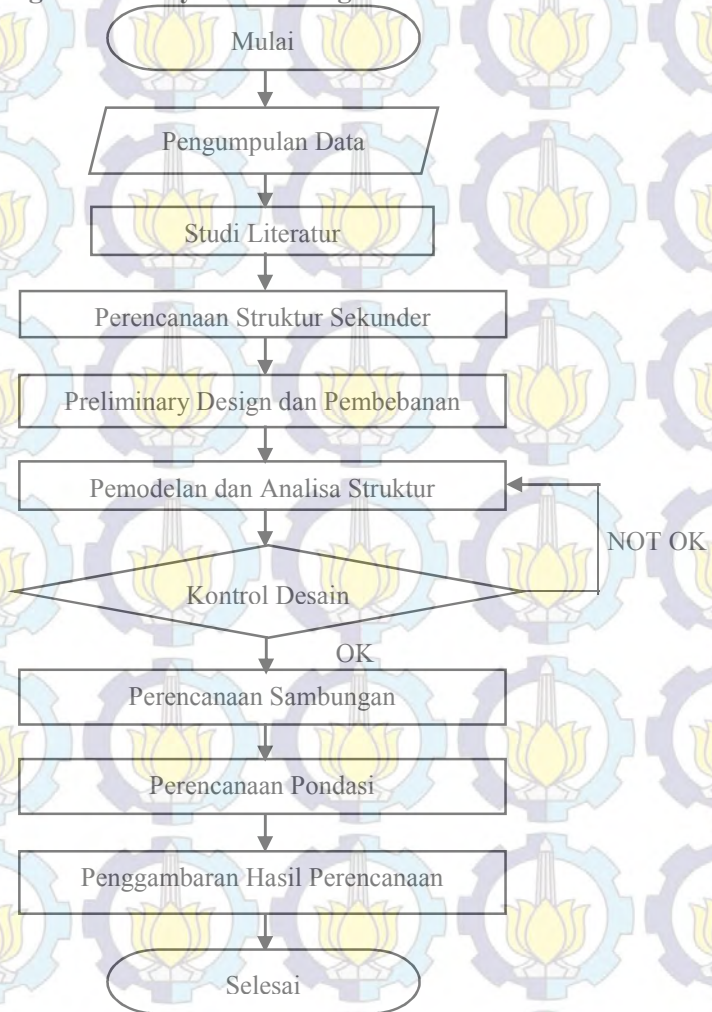
Terdapat berbagai alternatif tipe penggunaan penghubung geser yang dipergunakan pada struktur komposit, diantaranya penghubung geser yang bentuknya seperti paku berkepala baja dan penghubung geser berbentuk baja kanal yang dilas pada sayap atas balok baja. Untuk penghubung geser berbentuk “U terbalik”, peningkatan mutu beton dapat menyebabkan penurunan nilai slip. Penurunan ini menggambarkan peningkatan kapasitas beban yang dapat ditahan struktur komposit (Ida, et al., 2012).



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan alir Penyelesaian Tugas Akhir



Gambar 3.1 Sistematika Metodologi Penulisan Tugas Akhir



### 3.2 Data yang berkaitan dengan perencanaan

Mempelajari gambar yang berkaitan dengan perencanaan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan modifikasi perencanaan. Mempelajari data-data perencanaan secara keseluruhan yang mencakup :

- Data umum bangunan sebelum dimodifikasi
  1. Nama Gedung : RSUD Koja Jakarta
  2. Lokasi : JL Deli no 4 Jakarta Utara
  3. Fungsi : Rumah Sakit
  4. Jumlah Lantai : 16 lantai
  5. Panjang Bangunan : 42.725 m
  6. Lebar Bangunan : 19.900 m
  7. Struktur gedung menggunakan beton bertulang
- Data umum bangunan setelah dimodifikasi
  1. Nama Gedung : RSUD Koja Jakarta
  2. Lokasi : JL Deli no 4 Jakarta Utara
  3. Fungsi : Rumah Sakit
  4. Jumlah Lantai : 30 lantai
  5. Panjang Bangunan : 43.725 m
  6. Lebar Bangunan : 21.000 m
  7. Struktur menggunakan komposit baja dan beton
- Mutu Bahan  
Untuk perencanaan, digunakan kuat tekan beton ( $f'_c$ ) sebesar 30 MPa, sedangkan untuk mutu baja ( $f_y$ ) digunakan 410 Mpa.
- Data-data bondek  
Pelat bordes menggunakan pelat bondek. Data-data perencanaan berdasarkan brosur PT. BlueScope Lysaght (Indonesia). Dipakai pelat komposit bondek dengan tebal = 1.00 mm
- Kelas Situs  
Kelas situs yang digunakan adalah berdasarkan data tanah yang terlampir.

### 3.3 Studi Literatur

Mencari literatur dan peraturan gedung (*building code*) yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini seperti yang terlampir pada bab II, kemudian mempelajari literatur tersebut termasuk peraturan-peraturan yang berkaitan sehingga dapat mengerti, memahami dan akhirnya dapat mengerjakan tugas akhir yang berpedoman literatur dan peraturan.

### 3.4 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder selalu didahulukan dari struktur utama karena struktur sekunder akan meneruskan beban yang ada ke struktur utama. Struktur sekunder yang akan direncanakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan tangga baja mengacu pada SNI 1729:2015 pasal B4 dan pasal F

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal B4.1, penampang yang mengalami tekuk lokal diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing *penampang elemen-langsing*. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  dari Tabel B4.1. Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-langsing.  $\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang *kompak*, *nonkompak* atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dengan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya,  $\lambda_p$ , dari Tabel B4.1b. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-langsing.

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ dan } \lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

keterangan

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa



$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, MPa

b. Perencanaan pelat lantai komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh (momen plastis)* dan *tekuk torsi-lateral*:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$\phi_b = 0.90 (DBFK)$$

keterangan

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

2. Tekuk Torsi-Lateral

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

b) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

c)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

keterangan

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_c$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

- Superposisi dari *tegangan* elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk *keadaan batas* dari *leleh* (*momen leleh*).
- Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari *leleh* (*momen plastis*) pada penampang baja.  
 $\phi_b = 0.90(LRFD)$
- Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, *angkur baja* harus disediakan.

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I4.1, kekuatan geser desain,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:



- a) *Kekuatan geser yang tersedia* dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2:

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan

$$\phi_v = 0.90(DBFK)$$

dan  $C_v = 1.0$

- b) *Kekuatan geser yang tersedia* dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- c) *Kekuatan geser nominal* dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau *faktor keamanan* dari

$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- c. Perencanaan pelat atap komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4

Perencanaan pelat atap komposit mengacu pada pasal yang sama dengan pelat lantai komposit seperti yang sudah dijelaskan diatas.

- d. Perencanaan balok anak komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3

Perencanaan balok anak komposit mengacu pada pasal SNI 1729:2015 pasal I3 seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit diatas.

- e. Perencanaan balok lift komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3

Perencanaan balok lift komposit mengacu pada pasal SNI 1729:2015 pasal I3 seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit diatas.

### **3.5 Preliminary Design dan Pembebanan**

#### **3.5.1 Preliminary Design**

Memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015.

- a. Preliminary Design Balok Komposit
- b. Preliminary Design Kolom Komposit

#### **3.5.2 Pembebanan**

Penggunaan beban yang direncanakan mengikuti SNI 1727:2013 dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 antara lain:

1. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.1, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya.

2. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4 Tabel 4-1, beban hidup merata yang bekerja pada rumah sakit untuk ruang operasi dan laboratorium adalah sebesar  $2.87 \text{ kN/m}^2$ , ruang pasien sebesar  $1.92 \text{ kN/m}^2$ , koridor diatas lantai pertama adalah sebesar  $3.83 \text{ kN/m}^2$ . Beban hidup merata untuk helipad sebesar  $2.87 \text{ kN/m}^2$  tanpa reduksi dan untuk parkir sebesar  $1.92 \text{ kN/m}^2$ .

3. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sitem Penahan Beban Angin



Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (lb/ft}^2\text{)(N/m}^2\text{)}$$

dimana,

$q = q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  di atas permukaan tanah

$q = q_h$  untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap diukur pada ketinggian  $h$

$q_i = q_i$  untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan dampak atau dilindungi dengan penutup tahan dampak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$ , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i = q_h$ )

$G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727:2013 Pasal 26.9

$C_p$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013

Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.4-3

$(GC_{pi})$  = koefisien tekanan internal dari SNI 1727:2013

Tabel 26.11-1

$q$  dan  $q_i$  harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3. Tekanan harus ditetapkan secara bersamaan pada dinding disisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3.

#### 4. Beban Tanah

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.2.1, perancangan struktur di bawah tanah, harus memperhatikan tekanan lateral tanah disampingnya dengan beban lateral minimum yang diberikan sesuai dengan SNI 1727:2013 Tabel 3-1.

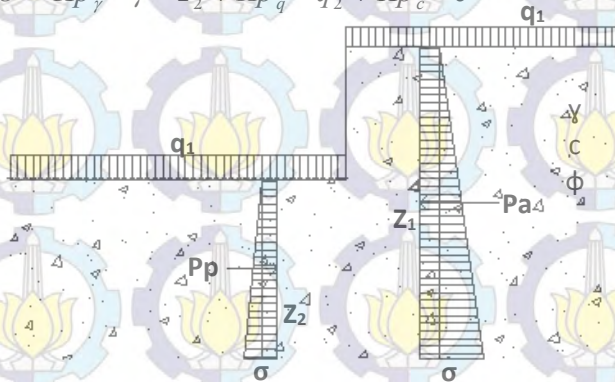
Besarnya tegangan tanah secara umum (gambar 3.1) adalah sebagai berikut:

Tegangan tanah aktif:

$$\sigma = Ka_{\gamma} \times \gamma \times z_1 + Ka_q \times q_1 - Ka_c \times c$$

Tegangan tanah pasif:

$$\sigma = Kp_{\gamma} \times \gamma \times z_2 + Kp_q \times q_2 + Kp_c \times c$$



Gambar 3.1. *Ilustrasi tekanan tanah secara umum*

Maka, besar tekanan tanah lateral dapat dihitung dengan menghitung luasan diagram tegangan tanah.

#### 5. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012, beban gempa yang digunakan harus sesuai dengan percepatan respon spektrum yang terjadi. Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V$$

dan



$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Keterangan:

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

$w_i$  dan  $w_x$  = bagian berat seismic efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$  (m)

$k$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0.5 detik atau kurang,  $k = 1$

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2.5 detik atau lebih,  $k = 2$

untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0.5 detik dan 2.5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

#### 6. Kombinasi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1, kekuatan perlu  $U$  harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan dibawah ini. Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa.

$$U = 1.4D$$

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_f \text{ atau } R)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_f \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W)$$

$$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_f \text{ atau } R)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L$$

$$U = 0.9D + 1.0W$$

$$U = 0.9D + 1.0E$$

### 3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur

#### 3.6.1 Analisa Model Struktur

Analisa struktur utama menggunakan *software SAP 2000* untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur utama. Pembebanan gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012 diatur menggunakan analisa respons dinamik.

#### 3.6.2 Analisa Struktur Utama Komposit

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I, langkah-langkah perencanaan struktur komposit baja dan beton adalah sebagai berikut:

- Ketentuan Umum

Dalam menentukan *efek beban* dalam komponen struktur dan *sambungan* dari struktur yang termasuk komponen *komposit*, harus dipertimbangkan penampang efektif pada setiap dilakukan peningkatan *beban*.

- Gaya Aksial

- a. Kekuatan Tekan

*Kekuatan tekan desain*,  $\phi_c P_n$ , komponen struktur *komposit terbungkus beton* yang dibebani secara aksial simetri ganda harus ditentukan untuk keadaan batas dari *tekuk lentur* berdasarkan kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\phi_c = 0.75(LRFD)$$

a) Bila  $\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25$

$$P_n = P_{no} \left[ 0.658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right]$$

b) Bila  $\frac{P_{no}}{P_e} > 2.25$

$$P_n = 0.877 P_e$$



Keterangan

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$

$P_e$  = beban tekuk kritis elastis ditentukan menurut SNI 1729:2015 pasal C atau Lampiran 7, kips (N)

$$= \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2$$

$A_c$  = luas beton, mm<sup>2</sup>

$A_s$  = luas penampang baja, mm<sup>2</sup>

$E_c$  = modulus elastisitas beton =  $0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$ , MPa

$EI_{eff}$  = kekakuan efektif penampang komposit, N-mm<sup>2</sup>

$$= E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c$$

$C_1$  = koefisien untuk perhitungan kekakuan dari suatu komponen struktur tekan komposit terbungkus beton

$$= 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3$$

$E_s$  = modulus elastisitas baja = 200 000 MPa

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari penampang baja, MPa

$F_{ysr}$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari batang tulangan, MPa

$I_c$  = momen inersia penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang komposit, mm<sup>4</sup>

$I_s$  = momen inersia profil baja disumbu netral elastis dari penampang komposit, mm<sup>4</sup>

$I_{sr}$  = momen inersia batang tulangan di sumbu netral elastis dari penampang elastis, mm<sup>4</sup>

$K$  = faktor panjang efektif

$L$  = panjang tanpa breising secara lateral dari komponen struktur, mm

$f'_c$  = kekuatan beton yang disyaratkan, MPa

$w_c$  = berat beton per unit volume ( $1500 \leq w_c \leq 2500$  kg/m<sup>3</sup>)

b. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik yang tersedia dari komponen struktur terbungkus beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$P_{no} = F_y A_s F_{ysr} A_{sr}$$

$$\phi_t = 0.90(LRFD)$$

c. Persyaratan Pendetailan

Spasi bersih antara inti baja dan tulangan longitudinal harus diambil minimum sebesar 1.5 diameter tulangan, tetapi tidak lebih kecil dari 1.5 in (38 mm).

• Lentur

Lebar efektif pelat beton harus diambil dari jumlah lebar efektif untuk setiap sisi sumbu balok, masing-masing yang tidak melebihi:

- 1) seperdelapan dari bentang balok, pusat-ke-pusat tumpuan;
- 2) setengah jarak ke sumbu dari balok yang berdekatan; atau
- 3) jarak ke tepi dari pelat.

a. Kuat Lentur Positif

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) dan tekuk torsi-lateral:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$\phi_b = 0.90(DBFK)$$

keterangan

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>



## 2. Tekuk Torsi-Lateral

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

b) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

c)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

keterangan

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J C}{S_x h_o \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}}$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam

dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

a) Superposisi dari *tegangan* elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk *keadaan batas* dari *leleh* (*momen leleh*).

b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari *leleh* (*momen plastis*) pada penampang baja.

$$\phi_b = 0.90(LRFD)$$

c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, *angkur baja* harus disediakan.

b. Kuat Lentur Negatif

*Kekuatan lentur negatif tersedia* harus ditentukan untuk penampang baja sendiri, menurut persyaratan SNI 1729:2015 pasal F:

Kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh* (*momen plastis*) dan *tekuk torsi-lateral*:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$\phi_b = 0.90(DBFK)$$

keterangan

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>



## 2. Tekuk Torsi-Lateral

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

b) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

c)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

keterangan

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J c}{S_x h_o \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}}$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam

dari badan

Alternatif, kekuatan lentur negatif yang tersedia harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit, untuk *keadaan batas leleh (momen plastis)*, dimana

$$\phi_t = 0.90(LRFD)$$

Asalkan batasan yang berikut dienuhi:

- 1) Balok baja adalah *penampang kompak* dan dibreising secara cukup menurut SNI 1729:2015 pasal F.
- 2) *Steel headed stud* atau angkur kanal baja yang menyambungkan pelat ke balok baja pada daerah momen negatif.
- 3) Tulangan pelat yang parallel pada balok baja, di *lebar efektif* pelat, diperhitungkan dengan tepat.

- Geser

- a. Komponen Struktur Komposit Terisi dan Terbungkus Beton

*Kekuatan geser desain*,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

- a) *Kekuatan geser yang tersedia* dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2:

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan

$$\phi_v = 0.90(DBFK)$$

dan  $C_v = 1.0$

- b) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan



$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- c) *Kekuatan geser nominal* dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau *faktor keamanan* dari

$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- b. Balok Komposit dengan Dek Baja Berlekuk

Kekuatan geser yang tersedia dari *balok komposit* dengan *steel headed stud* atau angkur kanal baja harus ditentukan berdasarkan properti dari penampang baja sendiri menurut SNI 1729:2015 pasal G.

- Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial

Interaksi antara lentur dan gaya aksial pada komponen struktur komposit harus memperhitungkan *stabilitas* seperti disyaratkan oleh SNI 1729:2015 pasal C. *Kekuatan tekan yang tersedia* dan *kekuatan lentur yang tersedia* harus ditentukan seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal I2 dan I3. Untuk menghitung pengaruh dari *efek panjang* pada kekuatan aksial komponen struktur, kekuatan aksial nominal komponen struktur harus ditentukan menurut SNI 1729:2015 pasal I2

Untuk *komponen struktur komposit dibungkus beton* dan *komponen struktur komposit diisi beton* dengan *penampang kompak*, interaksi gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi SNI 1729:2015 pasal H1.1 atau satu dari metode seperti dijelaskan SNI 1729:2015 pasal I1.2.

Untuk komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang nonkompak atau penampang langsing, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan pada SNI 1729:2015 pasal H1.1.

- Angkur Baja

Untuk beton normal, angkur *steel headed stud* yang hanya menahan geser tidak boleh kecil dari lima diameter batang dalam panjang dari dasar *steel headed stud* kebagiaan atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur *steel headed stud* yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik taidak boleh lebih kecil dari delapan diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan.

### 3.7 Perencanaan Sambungan

#### 1. Sambungan Las

Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4, kekuatan desain,  $\phi R_n$  dari joint yang dilas harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut *keadaan batas* dari *keruntuhan tarik* dan keruntuhan berikut ini:

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} A_{BM}$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} A_{we}$$

keterangan

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, MPa

$F_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las, MPa

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar, mm<sup>2</sup>

$A_{we}$  = luas efektif las, mm<sup>2</sup>

Nilai  $\phi$ ,  $F_{nBM}$ ,  $F_{nw}$  serta batasannya diberikan pada SNI 1729:2015 Tabel J2.5.

#### 2. Sambungan Baut

##### a. Baut tipe tumpu

Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J3.7, *kekuatan tarik yang tersedia* dari baut yang menahan kombinasi



gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut:

$$Rn = F'_{nt} A_b$$

$$\phi = 0.75(DBFK)$$

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, MPa

$$= 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi_{F_{nt}}} f_{rv} \leq F'_{nt}$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari SNI 1729:2015 Tabel J3.2, MPa

$F_{rv}$  = tegangan geser dari SNI 1729:2015 Tabel J3.2, MPa

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBFK, MPa

Tegangan geser yang tersedia dari sarana penyambung sama dengan atau melebihi tegangan geser yang diperlukan,  $f_{rv}$ .

b. Baut Kekuatan Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Ketahanan slip yang tersedia untuk keadaan batas dari slip harus ditentukan sebagai berikut:

$$Rn = \mu D_u h_f T_b n_e$$

a) Untuk lubang ukuran standard an lubang slot-pendek yang tegak lurus terhadap arah dari beban  $\phi = 1.00(DBFK)$

b) Untuk lubang ukuran-berlebih dan lubang slot-pendek yang parallel terhadap arah dari beban  $\phi = 0.85(DBFK)$

c) Untuk lubang slot-panjang  $\phi = 0.70(DBFK)$

Keterangan

$\mu$  = koefisien slip rata-rata untuk permukaan Kelas A atau B yang sesuai, dan ditentukan sebagai berikut, atau seperti ditetapkan oleh pengujian.

$Du = 1,13$ ; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang disyaratkan. Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.*

$Tb$  = gaya tarik minimum *sarana penyambung* yang diberikan SNI 1729:2015 Tabel J3.1, kips, atau J3.1M, kN

$h_f$  = faktor untuk pengisi, ditentukan sebagai berikut:

- i. Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi  $h_f = 1.00$
- ii. Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi:
  - a) Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung  $h_f = 1.00$
  - b) Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung  $h_f = 0.85$

$N_s$  = jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip

### 3.8 Perencanaan Pondasi

#### 3.8.1 Perencanaan Pondasi

Dalam tahap ini dilakukan perencanaan tiang pancang dan *pile cap* yang mampu menahan struktur atas gedung. Data yang diperoleh dan data yang digunakan dalam merencanakan pondasi adalah data tanah berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT).

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan lekatan tanah di sekeliling tiang pondasi ( $Q_s$ ). Langkah-langkah



dalam menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT adalah sebagai berikut:

1. Koreksi SPT terhadap Muka Air Tanah  
Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ :

a)  $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$  (Terzaghi & Peck, 1960)

b)  $N_1 = 0.6N$  (Bazaraa, 1967)

Harga yang dipilih adalah harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua rumusan di atas. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dan bila  $N \leq 15$ , tidak ada koreksi ( $N_1 = N$ )

2. Daya dukung 1 tang pancang:

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

$$= C_n \times A_{\text{ujung}} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

$$= 40N \times A_{\text{ujung}} + \sum_{i=1}^n \frac{\bar{N}_i}{2 \text{ atau } 5} \times A_{si}$$

dengan

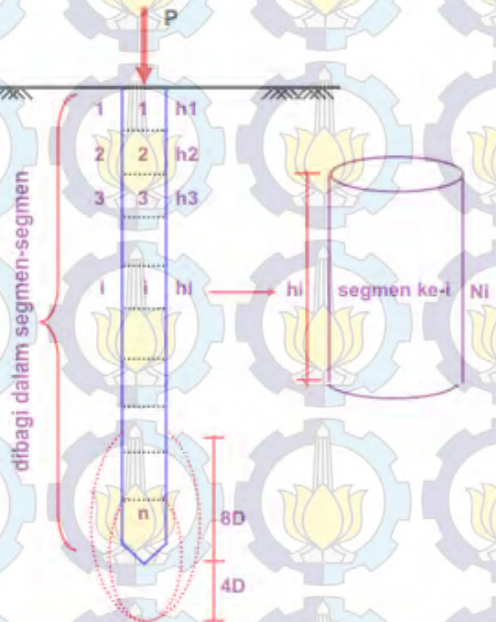
$\bar{N}$  = harga rata-rata  $N_2$  dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang (gambar 3.2)

$A_{si}$  = luas selimut tiang pada segmen  $i = O_i \times h_i$

$C_{li} = f_{si} = N/2 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah lempung/lanau

$= N/5 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah pasir

$$P_{\text{1 Tiang}} = \frac{Q_L}{SF} \rightarrow SF = 3$$



$N_i$  = harga SPT yang telah dikoreksi ditengah-tengah segmen  $i$

Gambar 3.2. Ilustrasi untuk Koreksi Harga SPT

Dalam penggunaan pondasi tiang kelompok, terjadi repartisi beban-beban yang bekerja pada tiang pancang. Untuk menghitung repartisi beban tersebut adalah sebagai berikut:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i)^2}$$

Dimana  $X_i$  &  $Y_i$  adalah koordinat sebuah tiang, dengan total  $n$  tiang.

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan di sekeliling tiang, sehingga perlu memperhitungkan



jarak antar tiang dalam pondasi group. Sebaiknya jarak minimum antar tiang dalam group adalah 2 s/d 3 diameter tiang. Selanjutnya perlu melakukan korelasi antara daya dukung 1 tiang dengan daya dukung tiang group menggunakan koefisien  $C_e$ :

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times C_e$$

Dengan  $n$  = jumlah tiang dalam group

Sehingga dapat dilakukan kontrol kekuatan tiang pancang dengan:

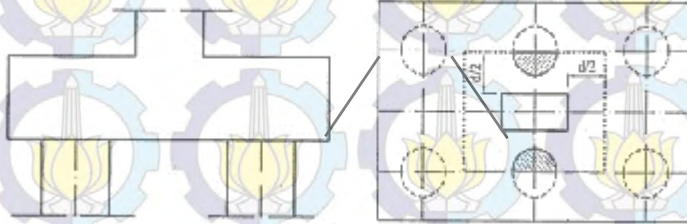
$$P_v \text{ maks} < Q_L (\text{group})$$

### 3.8.2 Perencanaan Pile Cap

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi SNI 2847:2013 Pasal 11.11, bahwa kekuatan geser slab dan fondasi tapak di sekitar kolom, dikendalikan oleh yang lebih berat dari dua kondisi:

- a) Aksi balok dimana masing-masing penampang kritis diperiksa menjangkau sepanjang bidang yang memotong seluruh lebar. Untuk aksi balok, slab atau fondasi tapak harus didesain sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.1 hingga Pasal 11.4.
- b) Untuk aksi dua arah (gambar 3.3), masing-masing penampang kritis yang diperiksa harus ditempatkan sedemikian hingga perimeternya  $b_o$  adalah minimum tetapi tidak perlu lebih dekat dari  $d/2$  ke:
  - i. Tepi atau sudut kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi
  - ii. Perubahan pada tebal slab seperti tepi perbesaran kolom (*capitals*), penebalan panel (*drop panels*), atau penutup geser (*shear caps*).

Untuk aksi dua arah, slab atau fondasi tapak harus didesain sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2 hingga Pasal 11.11.6.



Gambar 3.3. *Penampang Kritis pada Pondasi untuk Aksi Dua Arah*

### 3.9 Penggambaran hasil perhitungan ke dalam gambar teknik

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan dalam gambar teknik ini menggunakan program bantu AutoCAD.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

### 3.2 Data yang berkaitan dengan perencanaan

Mempelajari gambar yang berkaitan dengan perencanaan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan modifikasi perencanaan. Mempelajari data-data perencanaan secara keseluruhan yang mencakup :

- Data umum bangunan sebelum dimodifikasi
  8. Nama Gedung : RSUD Koja Jakarta
  9. Lokasi : JL Deli no 4 Jakarta Utara
  10. Fungsi : Rumah Sakit
  11. Jumlah Lantai : 16 lantai
  12. Panjang Bangunan : 42.725 m
  13. Lebar Bangunan : 19.900 m
  14. Struktur gedung menggunakan beton bertulang
- Data umum bangunan setelah dimodifikasi
  8. Nama Gedung : RSUD Koja Jakarta
  9. Lokasi : JL Deli no 4 Jakarta Utara
  10. Fungsi : Rumah Sakit
  11. Jumlah Lantai : 30 lantai
  12. Panjang Bangunan : 43.725 m
  13. Lebar Bangunan : 21.000 m
  14. Struktur menggunakan komposit baja dan beton
- Mutu Bahan  
Untuk perencanaan, digunakan kuat tekan beton ( $f'_c$ ) sebesar 30 MPa, sedangkan untuk mutu baja ( $f_y$ ) digunakan 410 Mpa.
- Data-data bondek  
Pelat bordes menggunakan pelat bondek. Data-data perencanaan berdasarkan brosur PT. BlueScope Lysaght (Indonesia). Dipakai pelat komposit bondek dengan tebal = 1.00 mm
- Kelas Situs  
Kelas situs yang digunakan adalah berdasarkan data tanah yang terlampir.



### 3.3 Studi Literatur

Mencari literatur dan peraturan gedung (*building code*) yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini seperti yang terlampir pada bab II, kemudian mempelajari literatur tersebut termasuk peraturan-peraturan yang berkaitan sehingga dapat mengerti, memahami dan akhirnya dapat mengerjakan tugas akhir yang berpedoman literatur dan peraturan.

### 3.4 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder selalu didahulukan dari struktur utama karena struktur sekunder akan meneruskan beban yang ada ke struktur utama. Struktur sekunder yang akan direncanakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- f. Perencanaan tangga baja mengacu pada SNI 1729:2015 pasal B4 dan pasal F

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal B4.1, penampang yang mengalami tekuk lokal diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing *penampang elemen-langsing*. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  dari Tabel B4.1. Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-langsing.  $\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang *kompak*, *nonkompak* atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dengan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya,  $\lambda_p$ , dari Tabel B4.1b. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-langsing.

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ dan } \lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

keterangan

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, MPa

g. Perencanaan pelat lantai komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh (momen plastis)* dan *tekuk torsi-lateral*:

### 3. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$\phi_b = 0.90 (DBFK)$$

keterangan

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

### 4. Tekuk Torsi-Lateral

d) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

e) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

f)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

keterangan

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm



$M_c$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

d) Superposisi dari *tegangan* elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk *keadaan batas* dari *leleh* (*momen leleh*).

e) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari *leleh* (*momen plastis*) pada penampang baja.

$$\phi_b = 0.90(LRFD)$$

f) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, *angkur baja* harus disediakan.

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I4.1, kekuatan geser desain,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

- d) *Kekuatan geser yang tersedia* dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2:

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan

$$\phi_v = 0.90(DBFK)$$

dan  $C_v = 1.0$

- e) *Kekuatan geser yang tersedia* dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- f) *Kekuatan geser nominal* dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau *faktor keamanan* dari

$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- h. Perencanaan pelat atap komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4

Perencanaan pelat atap komposit mengacu pada pasal yang sama dengan pelat lantai komposit seperti yang sudah dijelaskan diatas.

- i. Perencanaan balok anak komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3

Perencanaan balok anak komposit mengacu pada pasal SNI 1729:2015 pasal I3 seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit diatas.

- j. Perencanaan balok lift komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3



Perencanaan balok lift komposit mengacu pada pasal SNI 1729:2015 pasal I3 seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit diatas.

### **3.5 Preliminary Design dan Pembebanan**

#### **3.5.1 Preliminary Design**

Memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015.

- c. Preliminary Design Balok Komposit
- d. Preliminary Design Kolom Komposit

#### **3.5.2 Pembebanan**

Penggunaan beban yang direncanakan mengikuti SNI 1727:2013 dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 antara lain:

##### **7. Beban Mati**

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.1, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya.

##### **8. Beban Hidup**

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4 Tabel 4-1, beban hidup merata yang bekerja pada rumah sakit untuk ruang operasi dan laboratorium adalah sebesar  $2.87 \text{ kN/m}^2$ , ruang pasien sebesar  $1.92 \text{ kN/m}^2$ , koridor diatas lantai pertama adalah sebesar  $3.83 \text{ kN/m}^2$ . Beban hidup merata untuk helipad sebesar  $2.87 \text{ kN/m}^2$  tanpa reduksi dan untuk parkir sebesar  $1.92 \text{ kN/m}^2$ .

##### **9. Beban Angin**

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sitem Penahan Beban Angin

Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (lb/ft}^2\text{)(N/m}^2\text{)}$$

dimana,

$q = q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  di atas permukaan tanah

$q = q_h$  untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap diukur pada ketinggian  $h$

$q_i = q_i$  untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan dampak atau dilindungi dengan penutup tahan dampak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$ , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i = q_h$ )

$G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727:2013 Pasal 26.9

$C_p$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013

Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.4-3

$(GC_{pi})$  = koefisien tekanan internal dari SNI 1727:2013

Tabel 26.11-1

$q$  dan  $q_i$  harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3. Tekanan harus ditetapkan secara bersamaan pada dinding disisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3.



### 10. Beban Tanah

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.2.1, perancangan struktur di bawah tanah, harus memperhatikan tekanan lateral tanah disampingnya dengan beban lateral minimum yang diberikan sesuai dengan SNI 1727:2013 Tabel 3-1.

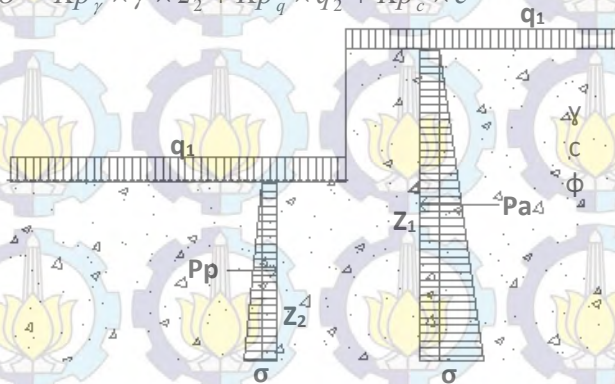
Besarnya tegangan tanah secara umum (gambar 3.1) adalah sebagai berikut:

Tegangan tanah aktif:

$$\sigma = Ka_{\gamma} \times \gamma \times z_1 + Ka_q \times q_1 - Ka_c \times c$$

Tegangan tanah pasif:

$$\sigma = Kp_{\gamma} \times \gamma \times z_2 + Kp_q \times q_2 + Kp_c \times c$$



Gambar 3.1. *Ilustrasi tekanan tanah secara umum*

Maka, besar tekanan tanah lateral dapat dihitung dengan menghitung luasan diagram tegangan tanah.

### 11. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012, beban gempa yang digunakan harus sesuai dengan percepatan respon spektrum yang terjadi. Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Keterangan:

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

$w_i$  dan  $w_x$  = bagian berat seismic efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$  (m)

$k$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0.5 detik atau kurang,  $k = 1$

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2.5 detik atau lebih,  $k = 2$

untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0.5 detik dan 2.5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

#### 12. Kombinasi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1, kekuatan perlu  $U$  harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan dibawah ini. Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa.

$$U = 1.4D$$

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_f \text{ atau } R)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_f \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W)$$

$$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_f \text{ atau } R)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L$$

$$U = 0.9D + 1.0W$$

$$U = 0.9D + 1.0E$$



### 3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur

#### 3.6.1 Analisa Model Struktur

Analisa struktur utama menggunakan *software SAP 2000* untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur utama. Pembebanan gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012 diatur menggunakan analisa respons dinamik.

#### 3.6.2 Analisa Struktur Utama Komposit

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I, langkah-langkah perencanaan struktur komposit baja dan beton adalah sebagai berikut:

- Ketentuan Umum

Dalam menentukan *efek beban* dalam komponen struktur dan *sambungan* dari struktur yang termasuk komponen *komposit*, harus dipertimbangkan penampang efektif pada setiap dilakukan peningkatan *beban*.

- Gaya Aksial

- d. Kekuatan Tekan

*Kekuatan tekan desain,  $\phi_c P_n$ , komponen struktur komposit terbungkus beton* yang dibebani secara aksial simetri ganda harus ditentukan untuk keadaan batas dari *tekuk lentur* berdasarkan kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\phi_c = 0.75(LRFD)$$

c) Bila  $\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25$

$$P_n = P_{no} \left[ 0.658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right]$$

d) Bila  $\frac{P_{no}}{P_e} > 2.25$

$$P_n = 0.877 P_e$$

Keterangan

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$

$P_e$  = beban tekuk kritis elastis ditentukan menurut SNI 1729:2015 pasal C atau Lampiran 7, kips (N)

$$= \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2$$

$A_c$  = luas beton, mm<sup>2</sup>

$A_s$  = luas penampang baja, mm<sup>2</sup>

$E_c$  = modulus elastisitas beton =  $0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$ , MPa

$EI_{eff}$  = kekakuan efektif penampang komposit, N-mm<sup>2</sup>

$$= E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c$$

$C_1$  = koefisien untuk perhitungan kekakuan dari suatu komponen struktur tekan komposit terbungkus beton

$$= 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3$$

$E_s$  = modulus elastisitas baja = 200 000 MPa

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari penampang baja, MPa

$F_{ysr}$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari batang tulangan, MPa

$I_c$  = momen inersia penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang komposit, mm<sup>4</sup>

$I_s$  = momen inersia profil baja disumbu netral elastis dari penampang komposit, mm<sup>4</sup>

$I_{sr}$  = momen inersia batang tulangan di sumbu netral elastis dari penampang elastis, mm<sup>4</sup>

$K$  = faktor panjang efektif

$L$  = panjang tanpa breising secara lateral dari komponen struktur, mm

$f'_c$  = kekuatan beton yang disyaratkan, MPa

$w_c$  = berat beton per unit volume ( $1500 \leq w_c \leq 2500$  kg/m<sup>3</sup>)



e. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik yang tersedia dari komponen struktur terbungkus beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$P_{no} = F_y A_s F_{ysr} A_{sr}$$

$$\phi_t = 0.90(LRFD)$$

f. Persyaratan Pendetailan

Spasi bersih antara inti baja dan tulangan longitudinal harus diambil minimum sebesar 1.5 diameter tulangan, tetapi tidak lebih kecil dari 1.5 in (38 mm).

- Lentur

Lebar efektif pelat beton harus diambil dari jumlah lebar efektif untuk setiap sisi sumbu balok, masing-masing yang tidak melebihi:

- 4) seperdelapan dari bentang balok, pusat-ke-pusat tumpuan;
- 5) setengah jarak ke sumbu dari balok yang berdekatan; atau
- 6) jarak ke tepi dari pelat.

c. Kuat Lentur Positif

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) dan tekuk torsi-lateral:

3. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$\phi_b = 0.90(DBFK)$$

keterangan

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

#### 4. Tekuk Torsi-Lateral

d) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

e) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

f)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

keterangan

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J c}{S_x h_o \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}}$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam



dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

- d) Superposisi dari *tegangan* elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk *keadaan batas* dari *leleh* (*momen leleh*).
- e) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari *leleh* (*momen plastis*) pada penampang baja.
- f) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, *angkur baja* harus disediakan.

d. Kuat Lentur Negatif

*Kekuatan lentur negatif tersedia* harus ditentukan untuk penampang baja sendiri, menurut persyaratan SNI 1729:2015 pasal F:

Kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh* (*momen plastis*) dan *tekuk torsi-lateral*:

3. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$\phi_b = 0.90(\text{DBFK})$$

keterangan

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x,  $\text{mm}^3$

#### 4. Tekuk Torsi-Lateral

d) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

e) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

f)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

keterangan

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J c}{S_x h_o \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}}$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam



dari badan

Alternatif, kekuatan lentur negatif yang tersedia harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit, untuk *keadaan batas leleh (momen plastis)*, dimana

$$\phi_t = 0.90(LRFD)$$

Asalkan batasan yang berikut dienuhi:

- 4) Balok baja adalah *penampang kompak* dan dibreising secara cukup menurut SNI 1729:2015 pasal F.
- 5) *Steel headed stud* atau angkur kanal baja yang menyambungkan pelat ke balok baja pada daerah momen negatif.
- 6) Tulangan pelat yang parallel pada balok baja, di *lebar efektif* pelat, diperhitungkan dengan tepat.

- Geser

c. Komponen Struktur Komposit Terisi dan Terbungkus Beton

*Kekuatan geser desain*,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

- d) *Kekuatan geser yang tersedia* dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2:

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan

$$\phi_v = 0.90(DBFK)$$

dan  $C_v = 1.0$

- e) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- f) Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau faktor keamanan dari

$$\phi_b = 0.75(DBFK)$$

- d. Balok Komposit dengan Dek Baja Berlekuk

Kekuatan geser yang tersedia dari *balok komposit* dengan *steel headed stud* atau angkur kanal baja harus ditentukan berdasarkan properti dari penampang baja sendiri menurut SNI 1729:2015 pasal G.

- Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial

Interaksi antara lentur dan gaya aksial pada komponen struktur komposit harus memperhitungkan *stabilitas* seperti disyaratkan oleh SNI 1729:2015 pasal C. Kekuatan tekan yang tersedia dan kekuatan lentur yang tersedia harus ditentukan seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal I2 dan I3. Untuk menghitung pengaruh dari *efek panjang* pada kekuatan aksial komponen struktur, kekuatan aksial nominal komponen struktur harus ditentukan menurut SNI 1729:2015 pasal I2

Untuk *komponen struktur komposit dibungkus beton* dan *komponen struktur komposit diisi beton* dengan *penampang kompak*, interaksi gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi SNI 1729:2015 pasal H1.1 atau satu dari metode seperti dijelaskan SNI 1729:2015 pasal I1.2.

Untuk komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang nonkompak atau penampang langsing, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan pada SNI 1729:2015 pasal H1.1.



- Angkur Baja

Untuk beton normal, angkur *steel headed stud* yang hanya menahan geser tidak boleh kecil dari lima diameter batang dalam panjang dari dasar *steel headed stud* kebagiaan atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur *steel headed stud* yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik taidak boleh lebih kecil dari delapan diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan.

### 3.7 Perencanaan Sambungan

#### 3. Sambungan Las

Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4, kekuatan desain,  $\phi R_n$  dari joint yang dilas harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut *keadaan batas* dari *keruntuhan tarik* dan keruntuhan berikut ini:

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} A_{BM}$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} A_{we}$$

keterangan

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, MPa

$F_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las, MPa

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar, mm<sup>2</sup>

$A_{we}$  = luas efektif las, mm<sup>2</sup>

Nilai  $\phi$ ,  $F_{nBM}$ ,  $F_{nw}$  serta batasannya diberikan pada SNI 1729:2015 Tabel J2.5.

#### 4. Sambungan Baut

##### c. Baut tipe tumpu

Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J3.7, *kekuatan tarik yang tersedia* dari baut yang menahan kombinasi

gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut:

$$Rn = F'_{nt} A_b$$

$$\phi = 0.75(DBFK)$$

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, MPa

$$= 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi_{F_{nt}}} f_{rv} \leq F'_{nt}$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari SNI 1729:2015 Tabel J3.2, MPa

$F_{rv}$  = tegangan geser dari SNI 1729:2015 Tabel J3.2, MPa

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBFK, MPa

Tegangan geser yang tersedia dari sarana penyambung sama dengan atau melebihi tegangan geser yang diperlukan,  $f_{rv}$ .

d. Baut Kekuatan Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Ketahanan slip yang tersedia untuk keadaan batas dari slip harus ditentukan sebagai berikut:

$$Rn = \mu D_u h_f T_b n_e$$

d) Untuk lubang ukuran standard an lubang slot-pendek yang tegak lurus terhadap arah dari beban  $\phi = 1.00(DBFK)$

e) Untuk lubang ukuran-berlebih dan lubang slot-pendek yang parallel terhadap arah dari beban  $\phi = 0.85(DBFK)$

f) Untuk lubang slot-panjang  $\phi = 0.70(DBFK)$

Keterangan

$\mu$  = koefisien slip rata-rata untuk permukaan Kelas A atau B yang sesuai, dan ditentukan sebagai berikut, atau seperti ditetapkan oleh pengujian.



$Du = 1,13$ ; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang disyaratkan. Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.*

$Tb$  = gaya tarik minimum *sarana penyambung* yang diberikan SNI 1729:2015 Tabel J3.1, kips, atau J3.1M, kN

$h_f$  = faktor untuk pengisi, ditentukan sebagai berikut:

iii. Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi  $h_f = 1.00$

iv. Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi:

c) Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung  $h_f = 1.00$

d) Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung  $h_f = 0.85$

$N_s$  = jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip

### 3.8 Perencanaan Pondasi

#### 3.8.1 Perencanaan Pondasi

Dalam tahap ini dilakukan perencanaan tiang pancang dan *pile cap* yang mampu menahan struktur atas gedung. Data yang diperoleh dan data yang digunakan dalam merencanakan pondasi adalah data tanah berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT).

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan lekatan tanah di sekeliling tiang pondasi ( $Q_s$ ). Langkah-langkah

dalam menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT adalah sebagai berikut:

3. Koreksi SPT terhadap Muka Air Tanah  
Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ :

$$c) \quad N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960})$$

$$d) \quad N_1 = 0.6N \quad (\text{Bazaraa, 1967})$$

Harga yang dipilih adalah harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua rumusan di atas. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dan bila  $N \leq 15$ , tidak ada koreksi ( $N_1 = N$ )

4. Daya dukung 1 tang pancang:

$$\begin{aligned} Q_L &= Q_p + Q_s \\ &= C_n \times A_{\text{ujung}} + \sum C_{li} \times A_{si} \\ &= 40N \times A_{\text{ujung}} + \sum_{i=1}^n \frac{\bar{N}_i}{2 \text{ atau } 5} \times A_{si} \end{aligned}$$

dengan

$\bar{N}$  = harga rata-rata  $N_2$  dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang (gambar 3.2)

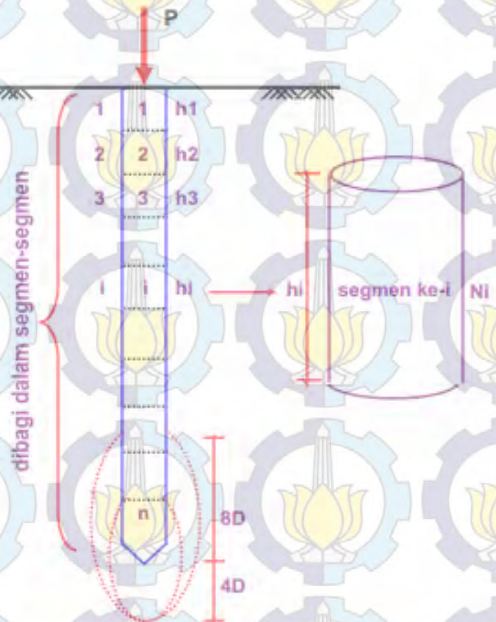
$A_{si}$  = luas selimut tiang pada segmen  $i = O_i \times h_i$

$C_{li} = f_{si} = N/2 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah lempung/lanau

$= N/5 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah pasir

$$P_{1 \text{ Tiang}} = \frac{Q_L}{SF} \rightarrow SF = 3$$





$N_i$  = harga SPT yang telah dikoreksi ditengah-tengah segmen  $i$

Gambar 3.2. Ilustrasi untuk Koreksi Harga SPT

Dalam penggunaan pondasi tiang kelompok, terjadi repartisi beban-beban yang bekerja pada tiang pancang. Untuk menghitung repartisi beban tersebut adalah sebagai berikut:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i)^2}$$

Dimana  $X_i$  &  $Y_i$  adalah koordinat sebuah tiang, dengan total  $n$  tiang.

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan di sekeliling tiang, sehingga perlu memperhitungkan

jarak antar tiang dalam pondasi group. Sebaiknya jarak minimum antar tiang dalam group adalah 2 s/d 3 diameter tiang. Selanjutnya perlu melakukan korelasi antara daya dukung 1 tiang dengan daya dukung tiang group menggunakan koefisien  $C_e$ :

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times C_e$$

Dengan  $n$  = jumlah tiang dalam group

Sehingga dapat dilakukan kontrol kekuatan tiang pancang dengan:

$$P_v \text{ maks} < Q_L (\text{group})$$

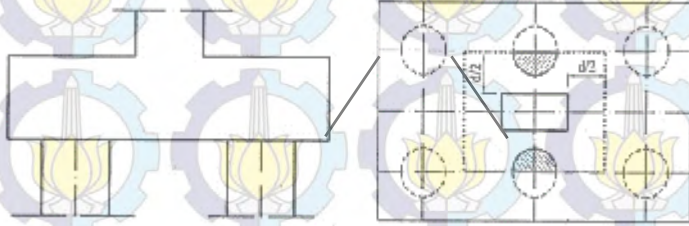
### 3.8.2 Perencanaan Pile Cap

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi SNI 2847:2013 Pasal 11.11, bahwa kekuatan geser slab dan fondasi tapak di sekitar kolom, dikendalikan oleh yang lebih berat dari dua kondisi:

- c) Aksi balok dimana masing-masing penampang kritis diperiksa menjangkau sepanjang bidang yang memotong seluruh lebar. Untuk aksi balok, slab atau fondasi tapak harus didesain sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.1 hingga Pasal 11.4.
- d) Untuk aksi dua arah (gambar 3.3), masing-masing penampang kritis yang diperiksa harus ditempatkan sedemikian hingga perimeternya  $b_o$  adalah minimum tetapi tidak perlu lebih dekat dari  $d/2$  ke:
  - iii. Tepi atau sudut kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi
  - iv. Perubahan pada tebal slab seperti tepi perbesaran kolom (*capitals*), penebalan panel (*drop panels*), atau penutup geser (*shear caps*).

Untuk aksi dua arah, slab atau fondasi tapak harus didesain sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2 hingga Pasal 11.11.6.





Gambar 3.3. *Penampang Kritis pada Pondasi untuk Aksi Dua Arah*

### 3.9 Penggambaran hasil perhitungan ke dalam gambar teknik

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan dalam gambar teknik ini menggunakan program bantu AutoCAD.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB IV

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1 Perencanaan Struktur Lantai

Pada perencanaan struktur lantai direncanakan pelat lantai menggunakan bondek, dimana dalam perencanaan ini digunakan bondek dari PT. BlueScope Lysaght (Indonesia).

##### 4.1.1 Pelat Atap

Digunakan pelat bondek dengan tebal = 0.75 mm

- **Pembebanan**

- a. **Beban Superimposed (Berguna)**

Beban Finishing

- Rangka + Plafond  $= 7 \text{ kg/m}^2$
- Plafond  $= 11 \text{ kg/m}^2$
- Perpipaian  $= 25 \text{ kg/m}^2 +$   
 $= 43 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

- Atap (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)  $= 0.96 \text{ kN/m}^2$   
 $= 97.89 \text{ kg/m}^2$

Beban Superimposed (Berguna)

= beban finishing + beban hidup

$= 43 \text{ kg/m}^2 + 97.89 \text{ kg/m}^2 = 140.89 \text{ kg/m}^2$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga didapatkan data-data sebagai berikut:

- bentang (span)  $= 3.00 \text{ m}$
- tebal pelat beton  $= 10 \text{ cm}$
- tulangan negatif  $= 4.12 \text{ cm}^2/\text{m}$

- direncanakan memakai tulangan dengan  $\varnothing=12$  mm ( $A_s = 1.13 \text{ cm}^2$ )
- banyaknya tulangan yang diperlukan tiap 1 m  

$$= \frac{A}{A_s} = \frac{4.12}{1.13} = 3.64 \text{ buah} = 4 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang tulangan tarik  $\varnothing 12-250$

b. Beban Mati

- Pelat lantai bondek  $= 10.10 \text{ kg/m}^2$
- Pelat beton  $t = 10 \text{ cm}$   

$$= \frac{240 \text{ kg/m}^2}{10} \times 10$$
  

$$= 240 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.1.2 Pelat Lantai 1 – 30 Tipikal

Digunakan pelat bondek dengan tebal  $= 0.75 \text{ mm}$

- **Pembebanan**

a. Beban Superimposed (Berguna)

- Beban Finishing  $= 21 \text{ kg/m}^2$
- Spesi lantai  $t = 1 \text{ cm}$   $= 24 \text{ kg/m}^2$
- Lantai keramik  $t = 1 \text{ cm}$   $= 7 \text{ kg/m}^2$
- Rangka + Plafond  $= 11 \text{ kg/m}^2$
- Rangka  $= 25 \text{ kg/m}^2$
- Perpipaian  $= 88 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

- Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)  $= 2.87 \text{ kN/m}^2$   

$$= 292.66 \text{ kg/m}^2$$

Beban Superimposed (Berguna)

= beban finishing + beban hidup

$$= 88 \text{ kg/m}^2 + 292.66 \text{ kg/m}^2 = 380.66 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga didapatkan data-data sebagai berikut:



- bentang (span) = 2.75 m
- tebal pelat beton = 11 cm
- tulangan negatif = 7.49 cm<sup>2</sup>/m
- direncanakan memakai tulangan dengan Ø=14 mm (A<sub>s</sub> = 1.54 cm<sup>2</sup>)
- banyaknya tulangan yang diperlukan tiap 1 m

$$= \frac{A}{A_s} = \frac{7.49}{1.54} = 4.87 \text{ buah} = 5 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang tulangan tarik Ø 14-200

b. Beban Mati

- Pelat lantai bondek = 10.10 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat beton t = 11 cm = 264 kg/m<sup>2</sup> +
- = 274.10 kg/m<sup>2</sup>

## 4.2 Perencanaan Tangga

### 4.2.1 Tangga Lantai 1 – 30 Tipikal

Ketinggian antar lantai	: 400 cm
Tinggi bordes	: 200 cm
Tinggi injakan (t)	: 20 cm
Lebar injakan (i)	: 25 cm
Jumlah tanjakan (Σt)	: $\frac{200}{20} = 10 \text{ buah}$
Lebar bordes	: 145 cm
Panjang bordes	: 270 cm
Lebar tangga	: 130 cm
Sudut kemiringan	: $\text{arc tg } \frac{20}{25} = 35.53^\circ$

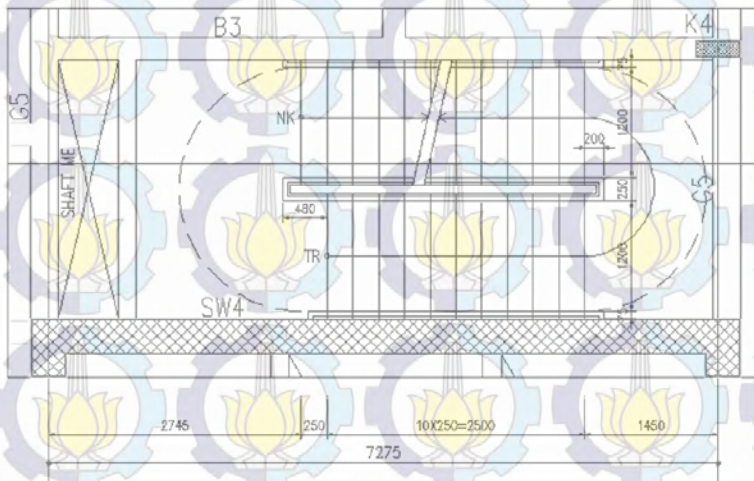
a. Persyaratan tangga :

$$\begin{aligned}
 &60 \text{ cm} < 2t + i < 65 \text{ cm} \\
 &60 \text{ cm} < (2 \times 20) + 25 < 65 \text{ cm} \\
 &60 \text{ cm} < 65 \text{ cm} < 65 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- b. Syarat sudut kemiringan :

$$25^{\circ} \leq \alpha \leq 40^{\circ}$$

$$25^\circ \leq 35.53^\circ \leq 40^\circ$$



Gambar 4.1 Denah Tangga

#### 4.2.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Tebal pelat anak tangga = 3 mm

Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$

Mutu baja Bj 41  $\rightarrow$  Tegangan leleh baja = 2500 kg/m<sup>2</sup>

### a. Pembebanan

1. Beban mati:

$$\text{Pelat anak tangga} = 0.003 \times 1.3 \times 7850 = 30.62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 30.62 &= 3.06 \text{ kg/m} + \\ & &= 33.68 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Beban hidup:

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 4.79 \text{ kN/m}^2$$

$$= 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 1.3 \text{ m} = 634.97 \text{ kg/m}$$



$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\
 &= 1.2 \times 33.68 + 1.6 \times 634.97 \\
 &= 1056.37 \text{ kg/m} \\
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1056.37 \times (0.25^2) \\
 &= 8.25 \text{ kgm} = 825 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

**b. Kontrol Momen Lentur**

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 130 \times (0.3^2) = 2.925 \text{ cm}^3$$

$$M_n = F_y Z_x = 2500 \times 2.925 = 7321.5 \text{ kgcm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 7321.5 \geq 825$$

$$6581.25 \text{ kgcm} \geq 825 \text{ kgcm}$$

**c. Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{25}{360} = 0.069 \text{ cm}$$

$$f^\circ = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 130 \times (0.3^3) = 0.293 \text{ cm}^4$$

$$f^\circ = \frac{5}{384} \frac{(0.337 + 6.35) \times (25^4)}{2 \times 10^6 \times 0.293} = 0.058 \text{ cm}$$

$$f^\circ \leq f_{ijin} \rightarrow 0.058 \text{ cm} < 0.069 \text{ cm}$$

### 4.2.3 Perencanaan Penyangga Pelat Injak

Direncanakan memakai profil siku L50×50×6, dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} W = 4.43 \text{ kg/m} & t_w = 6 \text{ mm} & i_y = 1.50 \text{ cm} & Z_x = 3.55 \text{ cm}^3 \\ A = 5.644 \text{ cm}^2 & r = 6.5 \text{ mm} & I_x = 12.6 \text{ cm}^4 & Z_y = 3.55 \text{ cm}^3 \\ b = 50 \text{ mm} & i_x = 1.50 \text{ cm} & I_y = 12.6 \text{ cm}^4 & \end{array}$$



Gambar 4.2 Potongan Melintang Anak Tangga

#### a. Pembebanan

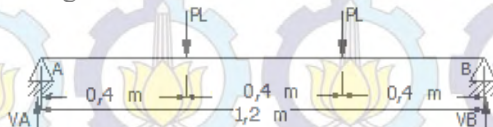
##### 1. Beban mati:

$$\begin{aligned} \text{Pelat anak tangga} &= 0.003 \times \frac{1}{2} 0.25 \times 7850 = 2.94 \text{ kg/m} \\ \text{Profil L50} \times 50 \times 6 &= 4.43 \text{ kg/m} + \\ &= 7.37 \text{ kg/m} \\ \text{Sambungan} &= 10\% \times 7.37 \\ &= 0.74 \text{ kg/m} + \\ &= 8.11 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{8} q_D \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 8.11 \times 1.2^2 = 1.46 \text{ kgm} \end{aligned}$$

##### 2. Beban hidup:

$$P_L = 100 \text{ kg}$$



$$M_L = R_A \left( \frac{1}{2} L \right) - P \left( \frac{1}{6} L \right)$$



$$= 100 \times 0.6 - 100 \times 0.2 = 40 \text{ kgm}$$

$$M_U = 1.2M_D + 1.6 M_L$$

$$= (1.2 \times 1.46) + (1.6 \times 40) = 65.75 \text{ kgm}$$

$$V_U = 1.2 \left( \frac{1}{2} q_D \times L \right) + 1.6 P_L$$

$$= 1.2 \left( \frac{1}{2} \times 8.11 \times 1.2 \right) + 1.6 \times 100 = 165.84 \text{ kg}$$

### b. Kontrol Kekuatan Profil

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$= \frac{12.5 \times 65.87}{2.5 \times 65.87 + 3 \times 30 + 4 \times 65.87 + 3 \times 30}$$

$$= 1.35 \leq 1.5$$

SNI 1729:2015 Pasal F10.2

$$C_b = 1.35$$

$$M_e = \frac{0.46 E b^2 t^2 C_b}{L_b}$$

SNI 1729:2015 Pasal F10.2

$$= \frac{0.46 \times 200000 \times (50^2) \times (6^2) \times 1.35}{1200}$$

$$= 9,315,000 \text{ kgmm} = 9315 \text{ kgm}$$

$$M_y = F_y S = 2500 \times 3.55 = 8875 \text{ kgcm} = 88.75 \text{ kgm}$$

$$\text{Bila } M_e > M_y \rightarrow M_n = \left( 1.92 - 1.17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y$$

SNI 1729:2015 Pasal F10.2

$$M_n = \left( 1.92 - 1.17 \sqrt{\frac{88.75}{9315}} \right) 88.75 = 160.26 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 160.26 \geq 65.75$$

$$144.24 \text{ kgcm} \geq 65.75 \text{ kgcm}$$

### c. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks ( } f_{ijin} \text{ )} = \frac{L}{240}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{120}{240} = 0.5 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{19}{384} \cdot \frac{P \cdot L^3}{EI_x} = \frac{19}{384} \cdot \frac{100 \times (120^3)}{2 \times 10^6 \times 17.3} = 0.25 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.25 \text{ cm} < 0.5 \text{ cm}$$

## 4.2.4 Perencanaan Pelat Bordes

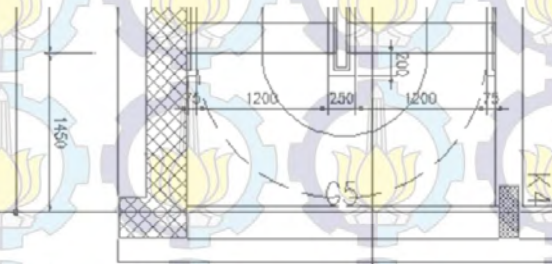
Tebal pelat bordes = 6 mm

Lebar pelat bordes = 145 cm

Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>

Mutu baja Bj 41 → Tegangan leleh baja = 2500 kg/m<sup>2</sup>





Gambar 4.3 Pelat Bordes

**a. Pembebanan**

## 1. Beban mati:

$$\text{Pelat bordes} = 0.006 \times 1.45 \times 7850 = 68.29 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 68.29 \\ &= 6.83 \text{ kg/m} + \\ &= 75.13 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

## 2. Beban hidup:

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 4.79 \text{ kN/m}^2 = 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 1.45 \text{ m} = 708.24 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$$

$$= 1.2 \times 75.13 + 1.6 \times 708.24$$

$$= 1223.34 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1223.34 \times (0.6^2)$$

$$= 55.05 \text{ kgm}$$

**b. Kontrol Kekuatan Profil**

$$L_b = 145 \text{ cm}$$

$$\frac{L_b d}{t^2} = \frac{1450 \times 2700}{6^2} = 108,750 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F11.2}$$

$$\frac{1.9E}{F_y} = \frac{1.9 \times 2 \times 10^5}{250} = 1520$$

SNI 1729:2015 Pasal F11.2

$$\frac{L_b d}{t^2} > \frac{1.9E}{F_y} \rightarrow M_n = F_{cr} S_x$$

SNI 1729:2015 Pasal F11.2

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$= \frac{12.5 \times 290.7}{2.5 \times 290.7 + 3 \times 218.03 + 4 \times 290.7 + 3 \times 218.03}$$

$$C_b = 1.14$$

$$F_{cr} = \frac{1.9EC_b}{\frac{L_b d}{t^2}} = \frac{1.9 \times 2 \times 10^5 \times 1.14}{108750} = 3.97 \text{ MPa}$$

SNI 1729:2015 Pasal F11.2

$$S_x = \frac{1}{4} b d^2 = \frac{1}{4} \times 145 \times 0.6^2 = 13.05 \text{ cm}^3$$

$$M_n = F_{cr} S_x = 397 \times 13.05 = 63.94 \text{ kgcm} = 63.94 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 63.94 \geq 55.05$$

$$57.55 \text{ kgcm} \geq 55.05 \text{ kgcm}$$

### c. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{60}{360} = 0.16 \text{ cm}$$

$$f^\circ = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$



$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times (0.6^3) = 2.61 \text{ cm}^4$$

$$f^\circ = \frac{5}{384} \frac{(0.75 + 7.08) \times (60^4)}{2 \times 10^6 \times 2.61} = 0.15 \text{ cm}$$

$$f^\circ \leq f_{ijin} \rightarrow 0.15 \text{ cm} < 0.16 \text{ cm}$$

#### 4.2.5 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 150×75×5×7, dengan data sebagai berikut :

W = 14 kg/m	$t_f = 7 \text{ mm}$	$i_y = 1.12 \text{ cm}$	$S_y = 21 \text{ cm}^3$
A = 17.85 cm <sup>2</sup>	$t_w = 5 \text{ mm}$	$I_x = 666 \text{ cm}^4$	$Z_x = 88.8 \text{ cm}^3$
b = 75 mm	r = 8 mm	$I_y = 49.5 \text{ cm}^4$	$Z_y = 13.2 \text{ cm}^3$
d = 150 mm	$i_x = 3.98 \text{ cm}$	$S_x = 98 \text{ cm}^3$	h = 120 mm

##### a. Pembebanan

###### 1. Beban mati:

$$\text{Pelat bordes} = 0.006 \times 0.725 \times 7850 = 34.15 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok bordes} &= \\ &= 14 \text{ kg/m} + \\ &= 48.15 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 48.15 \\ &= 4.82 \text{ kg/m} + \\ &= 52.97 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

###### 2. Beban hidup:

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 4.79 \text{ kN/m}^2$$

$$= 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 0.725 \text{ m} = 354.12 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$$

$$= 1.2 \times 52.97 + 1.6 \times 354.12 = 630.15 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 630.15 \times (1.45^2) = 165.61 \text{ kgm}$$

## b. Kontrol Penampang

- Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{75}{2 \times 7} = 5.36$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang  
kompak

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 88.8 = 222,000 \text{ kgcm} = 2220 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 2220 \geq 163.98$$

$$1998 \text{ kgm} \geq 165.61 \text{ kgm}$$

## c. Kontrol Tekuk Lateral

$L_b = 0 \rightarrow$  berpengaku di sepanjang bentang

$L_p > 0 \rightarrow L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan

SNI 1729:2015 Pasal F2.1

## d. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{145}{360} = 0.403 \text{ cm}$$



$$f^o = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(0.48 + 3.54) \times (145^4)}{2 \times 10^6 \times 187} = 0.08 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.08 \text{ cm} < 0.403 \text{ cm}$$

#### 4.2.6 Perencanaan Balok Tangga

Direncanakan memakai profil WF 200×100×5.5×8, dengan data sebagai berikut :

W = 21.3 kg/m	t <sub>f</sub> = 5.5 mm	i <sub>y</sub> = 2.22 cm	S <sub>y</sub> = 41 cm <sup>3</sup>
A = 27.16 cm <sup>2</sup>	t <sub>w</sub> = 8 mm	I <sub>x</sub> = 1840 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> = 184 cm <sup>3</sup>
b = 100 mm	r = 11 mm	I <sub>y</sub> = 134 cm <sup>4</sup>	Z <sub>y</sub> = 26.8 cm <sup>3</sup>
d = 200 mm	i <sub>x</sub> = 8.24 cm	S <sub>x</sub> = 200 cm <sup>3</sup>	h = 167 mm

##### a. Pembebanan

- q<sub>wl</sub>

##### 1. Beban mati:

Pagar (Hand Rail) = 20.00 kg/m

Profil L50×50×6 = 4.43 kg/m

Pelat bordes = 0.006 × 0.725 × 7850 = 34.15 kg/m

Balok tangga = 21.30 : cos 35.53° = 26.17 kg/m +

= 84.75 kg/m

Sambungan = 10% × 84.75 = 8.48 kg/m +

= 93.23 kg/m

##### 2. Beban hidup:

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

= 4.79 kN/m<sup>2</sup>

= 488.44 kg/m<sup>2</sup> × 0.725 m = 354.12 kg/m

q<sub>u</sub> = 1.2 q<sub>d</sub> + 1.6 q<sub>l</sub>

= 1.2 × 93.23 + 1.6 × 354.12 = 678.46 kg/m

•  $q_{w2}$

1. Beban mati:

Pagar (Hand Rail) = 20.00 kg/m

Balok tangga = 21.30  
= 21.30 kg/m +  
= 41.30 kg/m

Sambungan =  $10\% \times 41.30$   
= 4.13 kg/m +  
= 45.43 kg/m

2. Beban hidup:

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

= 4.79 kN/m<sup>2</sup>

=  $488.44 \text{ kg/m}^2 \times 0.725 \text{ m} = 354.12 \text{ kg/m}$

$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$

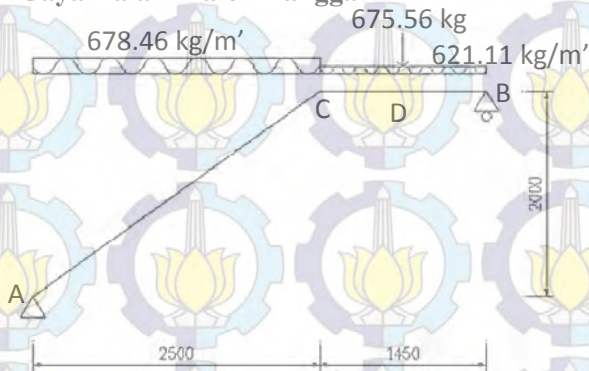
=  $1.2 \times 45.43 + 1.6 \times 354.12 = 621.11 \text{ kg/m}$

•  $P_1$

$P_1 = (\frac{1}{2} \cdot q_{bu} \cdot L_1) + (\frac{1}{2} \cdot q_{bu} \cdot L_2)$

=  $\frac{1}{2} \times 621.11 \times 1.45 + \frac{1}{2} \times 621.11 \times 0.725 = 675.46 \text{ kg}$

#### b. Gaya Dalam Balok Tangga



Gambar 4.4 Pembebanan Struktur Tangga

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \times 3.95 - q_{w1} \times 2.5 \times (\frac{1}{2} \times 2.5 + 1.45) - q_{w2} \times 1.45^2 \times \frac{1}{2} - P_1 \times \frac{1}{2} \times 1.45 = 0$$



51

$$R_A = \frac{4579.61 + 652.94 + 489.78}{3.95} = 1448.69 \text{ kg (}\uparrow\text{)}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$R_B = q_{w1} \times 2.5 + q_{w2} \times 1.45 + P_1 - R_A$$

$$R_B = 1823.63 \text{ kg (}\uparrow\text{)}$$

Momen Maksimum

$$R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_{w1} \cdot x^2 = 0$$

$$\frac{du}{dx} = 0 \rightarrow x = \frac{R_A}{q_{w1}} = \frac{1448.69}{678.46} = 2.13 \text{ m Horizontal A}$$

$$M_{\max} = 1448.69 \times 2.13 - \frac{1}{2} \times q_{w1} \times 2.13^2 = 1546.67 \text{ kgm}$$

$$M_C = 1448.69 \times 2.5 - \frac{1}{2} \times q_{w1} \times 2.5^2 = 1501.54 \text{ kgm}$$

Gaya Lintang (D)

$$V_A = R_A \times \cos 35.53^\circ = 1178.96 \text{ kg}$$

$$V_{CKR} = V_A - q_{w1} \times \cos 35.53^\circ \times 2.5 = -201.39 \text{ kg}$$

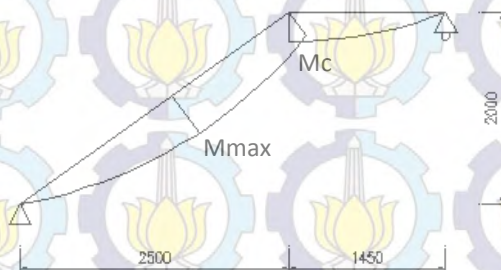
$$V_{CKN} = R_A - q_{w1} \times 2.5 = -247.46 \text{ kg}$$

$$V_{DKR} = V_{CKN} - q_{w2} \times 0.725 = -697.76 \text{ kg}$$

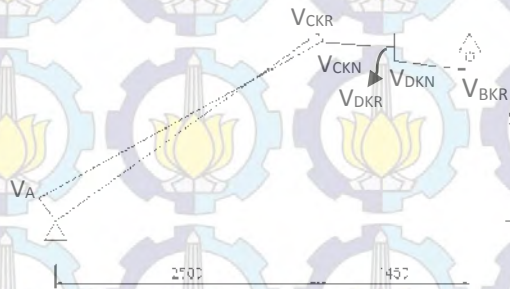
$$V_{DKN} = V_{DKR} - P_1 = -1373.32 \text{ kg}$$

$$V_{BKR} = V_{DKN} - q_{w2} \times 0.725 = -1823.63 \text{ kg}$$

$$V_{BKN} = V_{BKR} + R_B = 0$$



Gambar 4.5 Bidang M Tangga



Gambar 4.6 Bidang D Tangga

### c. Kontrol Penampang

- Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang  
kompak

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{167}{5.5} = 30.36$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.1

$$M_n = 2500 \times 184 = 460,000 \text{ kgcm} = 4600 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 4600 \geq 1546.67$$

$$4140 \text{ kgm} \geq 1546.67 \text{ kgm}$$



**d. Kontrol Tekuk Lateral**

- Batang miring

$$L_b = 25 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 2.22 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 110.51 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan SNI 1729:2015 Pasal F2.1

- Batang horizontal

$$L_b = 72.5 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 2.22 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 110.51 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan SNI 1729:2015 Pasal F2.1

**e. Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{395}{360} = 1.097 \text{ cm}$$

- Batang miring

$$f^\circ = \frac{5}{48} \frac{L^2}{EI_x} \times (M_{\max} - 0.1(M_A + M_C))$$

$$f^\circ = \frac{5}{48} \frac{250^2}{2 \times 10^6 \times 1840} \times (154761 - 0.1(0 + 150233)) = 0.247 \text{ cm}$$

$$f^\circ \leq f_{ijin} \rightarrow 0.247 \text{ cm} < 1.097 \text{ cm}$$

- Batang horizontal

$$f^\circ = \frac{5}{48} \frac{L^2}{EI_x} \times (M_{\max} - 0.1(M_A + M_C))$$

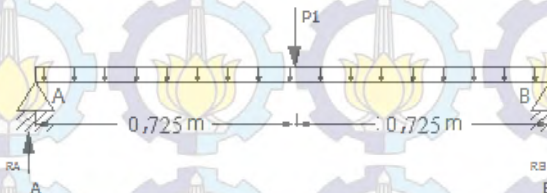
$$f^o = \frac{5}{48} \frac{145^2}{2 \times 10^6 \times 1840} \times (154761 - 0.1(0 + 150233)) = 0.083 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.083 \text{ cm} < 1.097 \text{ cm}$$

#### 4.2.7 Perencanaan Balok Tumpuan Tangga

Direncanakan memakai profil WF 250×125×6×9, dengan data sebagai berikut :

W = 29.6 kg/m	$t_f = 9 \text{ mm}$	$i_y = 2.79 \text{ cm}$	$S_y = 72 \text{ cm}^3$
A = 37.66 cm <sup>2</sup>	$t_w = 6 \text{ mm}$	$I_x = 4050 \text{ cm}^4$	$Z_x = 324 \text{ cm}^3$
b = 125 mm	r = 12 mm	$I_y = 294 \text{ cm}^4$	$Z_y = 27 \text{ cm}^3$
d = 250 mm	$i_x = 10.4 \text{ cm}$	$S_x = 352 \text{ cm}^3$	h = 208 mm



Gambar 4.7 Pembebanan Balok Tumpuan Tangga

##### a. Pembebanan

Beban terpusat  $P_1 = 1824.17 \text{ kg}$

1. Beban mati:

$$\text{Pelat bordes} = 0.006 \times 0.36 \times 7850 = 17.07 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok tumpuan tangga} &= 29.60 \text{ kg/m} + \\ &= 46.67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 46.67 = 4.67 \text{ kg/m} + \\ &= 51.34 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Beban hidup:

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 4.79 \text{ kN/m}^2$$

$$= 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 0.36 \text{ m} = 177.06 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$$

$$= 1.2 \times 51.34 + 1.6 \times 177.06 = 344.90 \text{ kg/m}$$



$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + P_1 \times L' \\
 &= \frac{1}{8} \times 344.90 \times (2.5^2) + 182417 \times 1.45 \\
 &= 2914.49 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### b. Kontrol Penampang

- Kontrol sayap

$$\begin{aligned}
 \frac{b}{2t_f} &= \frac{125}{2 \times 9} = 6.94 \\
 \lambda_p &= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{125}{2 \times 9} = 6.94 \\ \lambda_p &= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75 \end{aligned}} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang  
kompak

- Kontrol badan

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= \frac{208}{6} = 34.66 \\
 \lambda_p &= 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{208}{6} = 34.66 \\ \lambda_p &= 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35 \end{aligned}} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 324 = 810,000 \text{ kgcm} = 8100 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 8100 \geq 2914.49$$

$$7290 \text{ kgm} \geq 2914.49 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \rightarrow \text{berpengaku di sepanjang bentang}$$

$$L_p > 0 \rightarrow L_b \leq L_p, \text{ keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.1

#### d. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{250}{360} = 0.69 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} + \frac{23}{648} \frac{PL^3}{E \times I_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(0.51 + 1.77) \times (250^4)}{2 \times 10^6 \times 4050} + \frac{23}{648} \frac{1824 \cdot 17 \times (250^3)}{2 \times 10^6 \times 4050} = 0.139 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.139 \text{ cm} < 0.69 \text{ cm}$$

### 4.3 Perencanaan Balok Anak

#### 4.3.1 Perencanaan Balok Anak Lantai Atap

Direncanakan memakai profil WF 400×200×8×13, dengan data sebagai berikut :

$$W = 66.0 \text{ kg/m} \quad t_f = 13 \text{ mm}$$

$$i_y = 4.54 \text{ cm} \quad S_y = 266 \text{ cm}^3$$

$$A = 84.1 \text{ cm}^2 \quad t_w = 8 \text{ mm}$$

$$I_x = 23700 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad r = 16 \text{ mm}$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 174 \text{ cm}^3$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad i_x = 16.8 \text{ cm}$$

$$S_x = 1286 \text{ cm}^3 \quad h = 342 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2$$

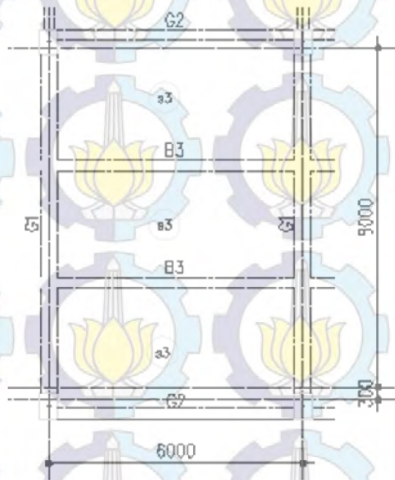
$$\text{tebal} = 10 \text{ cm}$$

$$h_r = 5.3 \text{ cm}$$

$$\text{tebal pelat} = 4.7 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang balok anak } (L) = 600 \text{ cm}$$





Gambar 4.9 Balok Anak Atap

### a. Kondisi Sebelum Komposit

#### 1. Beban mati:

$$\text{Pelat bondek} = 10.1 \times 3 = 30.30 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0.1 \times 3 \times 2400 = 720 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok anak} = 66 \text{ kg/m} + 816.30 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 10\% \times 816.30 = 81.63 \text{ kg/m} + 897.93 \text{ kg/m}$$

#### 2. Beban hidup:

Atap (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 0.96 \text{ kN/m}^2$$

$$= 97.89 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 293.67 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$$

$$= 1.2 \times 897.93 + 1.6 \times 293.67 = 1547.39 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1547.39 \times (6^2) = 6959.66 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 1547.39 \times 6 = 4639.79 \text{ kg}$$

➤ **Kontrol Penampang**

- Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7.69$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang  
kompak

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1190 = 2,975,000 \text{ kgcm} = 29750 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 29750 \geq 69596.6$$

$$26775 \text{ kgm} \geq 6959.66 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 20 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 4.54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226.01 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan

SNI 1729:2015 Pasal F2.1



➤ **Kontrol Geser**

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

$$h/t_w = 342/8 = 42.75$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.36$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v = 1.00$$

$$C_v = 1.0$$

$$V_n = 0.6 \times 2500 \times 40 \times 0.8 \times 1 = 48000 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 48000 \text{ kg} \geq 7729.59 \text{ kg}$$

➤ **Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1.67 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \frac{(8.97 + 2.94) \times (600^4)}{2 \times 10^6 \times 23700} = 0.42 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.42 \text{ cm} < 1.67 \text{ cm}$$

**b. Kondisi Setelah Komposit**

1. Beban mati:

$$\text{Rangka + Plafond} = (7 + 11) \times 3 = 54 \text{ kg/m}$$

$$\text{Perpipaan} = 25 \times 3 = 75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat bondek} = 10.1 \times 3 = 30.30 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0.1 \times 3 \times 2400 = 720 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok anak} = 66 \text{ kg/m}$$

$$= 945.30 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 10\% \times 945.30 = 94.53 \text{ kg/m}$$

$$= 1039.83 \text{ kg/m}$$

## 2. Beban hidup:

Atap (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 0.96 \text{ kN/m}^2$$

$$= 97.89 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 293.67 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$$

$$= 1.2 \times 1039.83 + 1.6 \times 293.67$$

$$= 1717.67 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1717.67 \times (6^2)$$

$$= 7729.51 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 1717.67 \times 6$$

$$= 5153.01 \text{ kg}$$

## ➤ Menghitung Momen Nominal

### • Lebar Efektif

$$b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} 600 = 150 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq S = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 150 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.1.1a

### • Kriteria Penampang

$$h/t_w = 342/8 = 42.75$$

$$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

Momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis

SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a

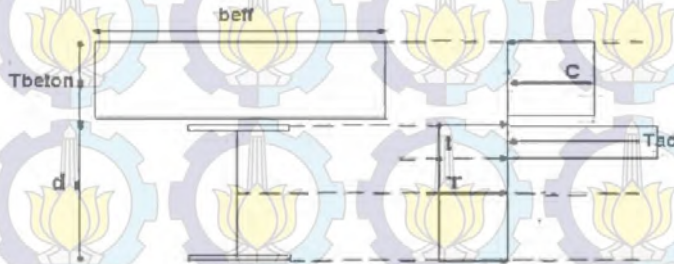
$$C = 0.85 f_c' t_{\text{plat}} b_{\text{eff}} = 0.85 \times 300 \times 4.7 \times 150 = 179,775 \text{ kg}$$

$$T = A_s F_y = 84.10 \times 2500 = 210,250 \text{ kg}$$

$T > C$  maka garis netral plastis terletak pada profil



$$t = \frac{T - C}{b \times 2 f_y} = \frac{210250 - 179775}{20 \times 2 \times 2500} = 0.305 \text{ cm} > t_r = 0.13 \text{ cm} \rightarrow \text{garis netral pada badan profil baja}$$



$$M_n = T \left( \frac{d}{2} - t \right) + C \left( \frac{t_{beton}}{2} + t \right) + (T - C) \frac{t}{2}$$

$$M_n = 210250 \left( \frac{40}{2} - 0.305 \right) + 179775 \left( \frac{0.1}{2} + 0.305 \right) + (30475) \frac{0.305}{2}$$

$$M_n = 4,209,341 \text{ kgcm} = 42093.41 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 42093.41 \geq 77295.1$$

$$37884.07 \text{ kgm} \geq 7729.51 \text{ kgm}$$

### ➤ Kontrol Lendutan

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f_c} = 0.043 (2400^{1.5}) \sqrt{30} = 27691.47 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^5}{27691.47} = 7.22$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{150}{7.22} = 20.78 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} t_{pelat} = 20.78 \times 4.7 = 97.67 \text{ cm}^2$$

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} t_{pelat}}{2} + \left( A_s \left( t_{beton} + \frac{d}{2} \right) \right)}{A_{tr} + A_s}$$

$$Y_{na} = \frac{\frac{97.67 \times 4.7}{2} + \left( 84.10 \left( 11 + \frac{40}{2} \right) \right)}{(97.67 + 84.10)} = 15.61 \text{ cm dari atas}$$

$$I_{tr} = \left[ \left( \frac{1}{12} b_{tr} t_{pelat}^3 \right) + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t_{pelat}}{2} \right)^2 \right] + \left[ I_x - A_s \left( \left( t_{pelat} - h r + \frac{d}{2} \right) - Y_{na} \right)^2 \right]$$

$$I_{tr} = \left[ \left( \frac{1}{12} 20.78 \times (4.7^3) \right) + 97.67 \left( 15.61 - \frac{4.7}{2} \right)^2 \right]$$

$$+ \left[ 23700 - 84.10 \left( \left( 4.7 - 5.3 + \frac{40}{2} \right) - 15.61 \right)^2 \right] = 39844.85 \text{ cm}^4$$

Batas lendutan maks ( $f_{ijin}$ ) =  $\frac{L}{360}$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1.67 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_{tr}} = \frac{5}{384} \frac{(10.39 + 2.94) \times (600^4)}{2 \times 10^6 \times 39844.85} = 0.28 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.28 \text{ cm} < 1.67 \text{ cm}$$

### ➤ Kontrol Geser

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

$$h/t_w = 342/8 = 42.75$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.36$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v = 1.00$$

$$C_v = 1.0$$



$$V_n = 0.6 \times 2500 \times 40 \times 0.8 \times 1 = 48000 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 48000 \text{ kg} \geq 5153.01 \text{ kg}$$

### c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut :

$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 201.06 \text{ mm}^2$$

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal 18.2a}$$

$$Q_n = 0.5 \times 201.06 \sqrt{30 \times 27691.47} = 91,628.23 \text{ N} = 9162.82 \text{ kg/stud}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 201.06 \times 41 = 6182.59 \text{ kg/stud}$$

$$Q_n = 6182.59 \text{ kg/stud}$$

Jumlah penghubung geser untuk setengah bentang

$$N = \frac{V'}{Q_n} = \frac{179775}{618259} = 29 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak penghubung geser (S)} = \frac{L'}{N} = \frac{600}{29} = 20.69 \text{ cm}$$

Jadi, penghubung geser dipasang setiap jarak 20 cm, sekaligus berfungsi sebagai penahan lateral pada balok.

### 4.3.2 Perencanaan Balok Anak Lantai 1-30 Tipikal

Direncanakan memakai profil WF 400×200×8×13, dengan data sebagai berikut :

$$W = 66.0 \text{ kg/m} \quad t_f = 13 \text{ mm}$$

$$i_y = 4.54 \text{ cm}$$

$$S_y = 266 \text{ cm}^3$$

$$A = 84.1 \text{ cm}^2 \quad t_w = 8 \text{ mm}$$

$$I_x = 23700 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad r = 16 \text{ mm}$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4$$

$$Z_y = 174 \text{ cm}^3$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad i_x = 16.8 \text{ cm}$$

$$S_x = 1286 \text{ cm}^3$$

$$h = 342 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

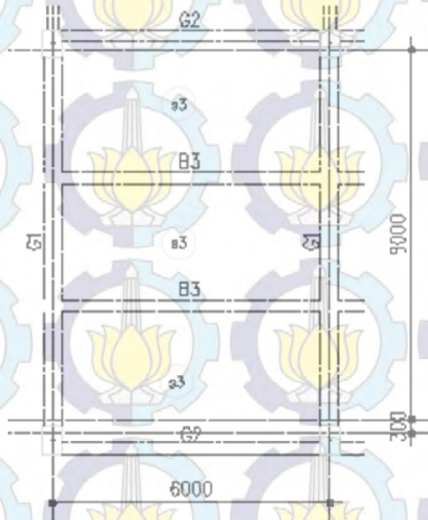
$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$h_r = 5.3 \text{ cm}$$

$$\text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{tebal pelat} = 5.7 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang balok anak (L)} = 600 \text{ cm}$$



Gambar 4.10 Balok Anak Lantai 1-30

**a. Kondisi Sebelum Komposit**

1. Beban mati:

$$\text{Pelat bondek} = 10.1 \times 3 = 30.30 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0.11 \times 3 \times 2400 = 792 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok anak} = 66 \text{ kg/m} +$$

$$= 888.30 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 10\% \times 888.30 = 88.83 \text{ kg/m} +$$

$$= 977.13 \text{ kg/m}$$

2. Beban hidup:

Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 2.87 \text{ kN/m}^2$$

$$= 292.66 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 877.98 \text{ kg/m}$$



$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\
 &= 1.2 \times 977.13 + 1.6 \times 877.98 \\
 &= 2577.32 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 2577.32 \times (6^2) = 11597.96 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 2576.53 \times 6 = 7731.96 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### ➤ Kontrol Penampang

- Kontrol sayap

$$\begin{aligned}
 \frac{b}{2t_f} &= \frac{200}{2 \times 13} = 7.69 \\
 \lambda_p &= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{200}{2 \times 13} = 7.69 \\ \lambda_p &= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75 \end{aligned}} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang kompak

- Kontrol badan

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= \frac{342}{8} = 42.75 \\
 \lambda_p &= 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{342}{8} = 42.75 \\ \lambda_p &= 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35 \end{aligned}} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1190 = 2,975,000 \text{ kgcm} = 29750 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 29750 \geq 11597.96$$

$$26775 \text{ kgm} \geq 11597.96 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 15 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 4.54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226.01 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan SNI 1729:2015 Pasal F2.1

➤ **Kontrol Geser**

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$h/t_w = 342/8 = 42.75$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.36 \quad \left. \begin{array}{l} \phi_v = 1.00 \\ C_v = 1.0 \end{array} \right\}$$

$$V_n = 0.6 \times 2500 \times 40 \times 0.8 \times 1 = 48000 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 48000 \text{ kg} \geq 7731.96 \text{ kg}$$

➤ **Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1.67 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \frac{(9.76 + 8.78) \times (600^4)}{2 \times 10^6 \times 23700} = 0.66 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.66 \text{ cm} < 1.67 \text{ cm}$$

**b. Kondisi Setelah Komposit**

1. Beban mati:

$$\text{Spesi lantai } t = 1 \text{ cm} = 21 \times 3 = 63 \text{ kg/m}$$

$$\text{Lantai keramik } t = 1 \text{ cm} = 24 \times 3 = 72 \text{ kg/m}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Rangka + Plafond} &= (7 + 11) \times 3 = 54 \text{ kg/m} \\
 \text{Perpipaan} &= 25 \times 3 = 75 \text{ kg/m} \\
 \text{Aspal } t = 2 \text{ cm} &= 28 \times 3 = 84 \text{ kg/m} \\
 \text{Pelat bondek} &= 10.1 \times 3 = 30.30 \text{ kg/m} \\
 \text{Pelat beton} &= 0.11 \times 3 \times 2400 = 792 \text{ kg/m} \\
 \text{Balok anak} &= \underline{66 \text{ kg/m}} + \\
 &= 1236.30 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan} &= 10\% \times 1236.30 = \underline{123.63 \text{ kg/m}} + \\
 &= 1359.93 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban hidup:  
 Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)  
 $= 2.87 \text{ kN/m}^2$   
 $= 292.66 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 877.98 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\
 &= 1.2 \times 1359.93 + 1.6 \times 877.98 = 3036.68 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 3036.68 \times (6^2) = 13665.08 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 3036.68 \times 6 = 9110.04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### ➤ Menghitung Momen Nominal

- Lebar Efektif

$$\begin{aligned}
 b_{\text{eff}} &\leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} 600 = 150 \text{ cm} \\
 b_{\text{eff}} &\leq S = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} b_{\text{eff}} &\leq \frac{1}{4} L \\ b_{\text{eff}} &\leq S \end{aligned}} \right\} b_{\text{eff}} = 150 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.1.1a

- Kriteria Penampang

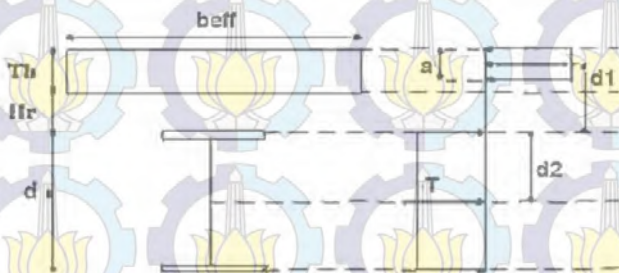
$$\begin{aligned}
 h/t_w &= 342 / 8 = 42.75 \\
 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} h/t_w &= 342 / 8 \\ 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 106.35 \end{aligned}} \right\} \text{Momen nominal dianalisa} \\
 &\quad \text{dengan distribusi tegangan} \\
 &\quad \text{plastis}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a

$$C = 0.85 f_c' t_{plat} b_{eff} = 0.85 \times 300 \times 5.7 \times 150 = 218,025 \text{ kg}$$

$$T = A_s F_y = 84.10 \times 2500 = 210,250 \text{ kg}$$

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 f_c' b_{eff}} = \frac{210250}{0.85 \times 300 \times 150} = 5.49 \text{ cm}$$



$$d_1 = h_r + t_b - a/2 = 53 + 57 - 54.9/2 = 82.55 \text{ mm}$$

$$d_2 = d/2 = 400/2 = 200 \text{ mm}$$

$$e = d_1 + d_2 = 82.55 + 200 = 282.55 \text{ mm}$$

$$M_n = T \times e = 218025 \times 28.23 = 6,160,296.38 \text{ kgcm} = 61602.96 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 61602.96 \geq 13665.08$$

$$55442.67 \text{ kgm} \geq 13665.08 \text{ kgm}$$

### ➤ Kontrol Lentutan

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f_c'} = 0.043 (2400^{1.5}) \sqrt{30} = 27691.47 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^5}{27691.47} = 7.22$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{150}{7.22} = 20.78 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} t_{pelat} = 20.78 \times 5.7 = 118.45 \text{ cm}^2$$



$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} t_{pelat}}{2} + \left( A_s \left( t_{beton} + \frac{d}{2} \right) \right)}{A_{tr} + A_s}$$

$$Y_{na} = \frac{\frac{118.45 \times 5.7}{2} + \left( 84.10 \left( 11 + \frac{40}{2} \right) \right)}{(118.45 + 84.10)} = 14.54 \text{ cm dari atas}$$

$$I_{tr} = \left[ \left( \frac{1}{12} b_{tr} t_{pelat}^3 \right) + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t_{pelat}}{2} \right)^2 \right] + \left[ I_x - A_s \left( \left( t_{pelat} - h_r + \frac{d}{2} \right) - Y_{na} \right)^2 \right]$$

$$I_{tr} = \left[ \left( \frac{1}{12} 20.78 \times (5.7^3) \right) + 118.45 \left( 14.54 - \frac{5.7}{2} \right)^2 \right] + \left[ 23700 - 84.10 \left( \left( 5.7 - 5.3 + \frac{40}{2} \right) - 14.54 \right)^2 \right] = 37319.65 \text{ cm}^4$$

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1.67 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_{tr}} = \frac{5}{384} \frac{(10.69 + 8.78) \times (600^4)}{2 \times 10^6 \times 37319.65} = 0.44 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.44 \text{ cm} < 1.67 \text{ cm}$$

### ➤ Kontrol Geser

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

$$h/t_w = 342 / 8 = 42.75$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.36$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v = 1.00$$

$$C_v = 1.0$$

$$V_n = 0.6 \times 2500 \times 40 \times 0.8 \times 1 = 48000 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 48000 \text{ kg} \geq 9110.04 \text{ kg}$$

### c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut :

$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 201.06 \text{ mm}^2$$

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I8.2a}$$

$$Q_n = 0.5 \times 201.06 \sqrt{30 \times 27691.47} = 91,628.23 \text{ N} = 9162.82 \text{ kg/stud}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 201.06 \times 41 = 6182.59 \text{ kg/stud}$$

$$Q_n = 6182.59 \text{ kg/stud}$$

Jumlah penghubung geser untuk setengah bentang

$$N = \frac{V'}{Q_n} = \frac{210250}{618259} = 34 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak penghubung geser (S)} = \frac{L'}{N} = \frac{600}{34} = 17.65 \text{ cm}$$

Jadi, penghubung geser dipasang setiap jarak 15 cm, sekaligus berfungsi sebagai penahan lateral pada balok.

## 4.4 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Data lift yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tipe lift	: Penumpang
Merk	: Sigma
Kapasitas	: 15 orang/ 1000 kg
Lebar pintu (opening width)	: 900 mm
Dimensi sangkar (car size)	: inside 1600 × 1500 mm <sup>2</sup>



Dimensi ruang luncur

$$: 6950 \times 3600 \text{ mm}^2$$

Dimensi ruang mesin

$$: 6950 \times 3600 \text{ mm}^2$$

Beban reaksi ruang mesin

$$: R1 = 6150 \text{ kg} \quad R3 = 10550 \text{ kg}$$

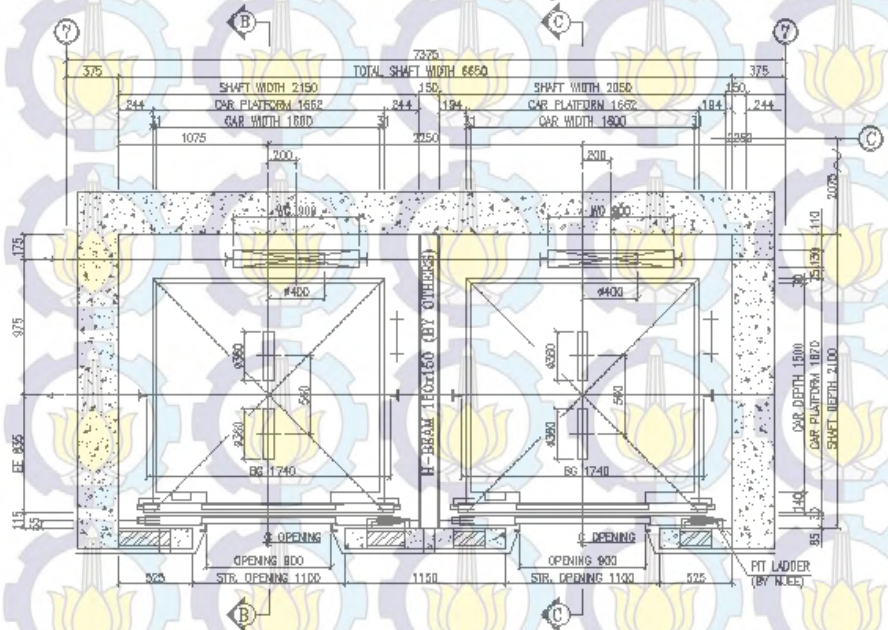
$$R2 = 4300 \text{ kg} \quad R4 = 7300 \text{ kg}$$

Beban terpusat

$$: P = \Sigma R \times \Psi$$

$$= (6150 + 4300) \times (1 + 0.6 \times 1.3 \times 1)$$

$$= 18601 \text{ kg}$$



Gambar 4.11 Denah Lift

#### 4.4.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Direncanakan memakai profil WF 300×150×6.5×9, dengan data sebagai berikut :

$$W = 36.7 \text{ kg/m} \quad t_f = 9 \text{ mm}$$

$$i_y = 3.29 \text{ cm}$$

$$S_y = 67.7 \text{ cm}^3$$

$$A = 72.38 \text{ cm}^2 \quad t_w = 6.5 \text{ mm}$$

$$I_x = 7210 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 522 \text{ cm}^3$$

$$b = 150 \text{ mm} \quad r = 13 \text{ mm}$$

$$I_y = 508 \text{ cm}^4$$

$$Z_y = 104 \text{ cm}^3$$

$$d = 300 \text{ mm} \quad i_x = 12.4 \text{ cm}$$

$$S_x = 481 \text{ cm}^3$$

$$h = 256 \text{ mm}$$

Panjang balok:  $L = 3.68 \text{ m}$

**a. Pembebanan**

1. Beban mati:

$$\text{Aspal } t = 2 \text{ cm} = 28 \times 2.15 = 60.20 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat bondek} = 10.1 \times 2.15 = 21.72 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0.1 \times 2.15 \times 2400 = 516 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok penggantung lift} &= 36.70 \text{ kg/m} + \\ &= 634.62 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 634.62 = 63.46 \text{ kg/m} + \\ &= 698.08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban terpusat } P = 18601 \text{ kg}$$

2. Beban hidup:

Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 2.87 \text{ kN/m}^2$$

$$= 292.66 \text{ kg/m}^2 \times 2.15 \text{ m}$$

$$= 629.22 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\ &= 1.2 \times 698.08 + 1.6 \times 629.22 \\ &= 1215.23 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} PL \\ &= \frac{1}{8} \times 1215.23 \times (2.15^2) + \frac{1}{4} \times 18601 \times 2.15 \\ &= 10700.21 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} P \\ &= \frac{1}{2} \times 1215.23 \times 2.15 + \frac{1}{2} \times 18601 = 10606.87 \text{ kg} \end{aligned}$$



### b. Kontrol Penampang

- Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} = 8.33 \\ \lambda_p = 10.75 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang kompak

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 39.38 \\ \lambda_p = 106.35 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 522 = 1305000 \text{ kgcm} = 13050 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 13050 \geq 10700.21$$

$$11745 \text{ kgm} \geq 10700.21 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 125 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.29 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 163.77 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p, \text{ keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan} \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

**d. Kontrol Geser**

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$h/t_w = 256 / 6.5 = 39.38$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.36$$

$$\phi_v = 1.00$$

$$C_v = 1.0$$

$$V_n = 0.6 \times 250 \times 256 \times 6.5 \times 1 = 249600 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 249600 \text{ kg} \geq 10606.87 \text{ kg}$$

**e. Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{240}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{215}{240} = 0.89 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} + \frac{1}{48} \frac{PL^3}{E \times I_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{258.08 \times (215^4)}{2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{1}{48} \frac{19970.12 \times (215^3)}{2 \times 10^6 \times 7210} = 0.78 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.78 \text{ cm} < 0.88 \text{ cm}$$

**4.4.2 Perencanaan Balok Penumpu Lift**

Direncanakan memakai profil WF 300×150×6.5×9, dengan data sebagai berikut :

$$W = 36.7 \text{ kg/m} \quad t_f = 9 \text{ mm}$$

$$i_y = 3.29 \text{ cm}$$

$$S_y = 67.7 \text{ cm}^3$$

$$A = 72.38 \text{ cm}^2 \quad t_w = 6.5 \text{ mm}$$

$$I_x = 7210 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 522 \text{ cm}^3$$

$$b = 150 \text{ mm} \quad r = 13 \text{ mm}$$

$$I_y = 508 \text{ cm}^4$$

$$Z_y = 104 \text{ cm}^3$$

$$d = 300 \text{ mm} \quad i_x = 12.4 \text{ cm}$$

$$S_x = 481 \text{ cm}^3$$

$$h = 256 \text{ mm}$$

Panjang balok:

$$L = 2.10 \text{ m}$$



**a. Pembebanan**

Beban mati:

$$\text{Balok penumpu lift} = 36.70 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 10\% \times 36.70 = 3.67 \text{ kg/m} +$$

$$= 40.37 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban terpusat } P = 18601 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.4 q_d$$

$$= 1.4 \times 40.37 = 56.52 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} PL$$

$$= \frac{1}{8} \times 56.52 \times (2.10^2) + \frac{1}{4} \times 18601 \times 2.10 = 9796.68 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} P$$

$$= \frac{1}{2} \times 56.52 \times 2.10 + \frac{1}{2} \times 18601 = 9359.85 \text{ kg}$$

**b. Kontrol Penampang**

- Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

Penampang  
kompak

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

**c. Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 210 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.29 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 163.77 \text{ cm}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 516.36 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow M_n = C_b \left[ M_p - \left( M_p - 0.7 F_y S_x \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.1

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$= \frac{12.5 \times 4958.78}{2.5 \times 4958.78 + 3 \times 2479.39 + 4 \times 4958.78 + 3 \times 2479.39}$$

$$C_b = 1.32$$

$$M_n = 1.32 \left[ 2500 \times 481 - (2500 \times 481 - 0.7 \times 2500 \times 522) \left( \frac{600 - 163.77}{516.36 - 163.77} \right) \right]$$

$$M_n = 1,115,326.83 \text{ kgcm} = 11153.27 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 11153.27 \geq 9796.68$$

$$10037.94 \text{ kgm} \geq 9796.68 \text{ kgm}$$

#### d. Kontrol Geser

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$h/t_w = 256/6.5 = 39.38$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.36$$

$$\phi_v = 1.00$$

$$C_v = 1.0$$



$$V_n = 0.6 \times 250 \times 256 \times 6.5 \times 1 = 249600 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow 249600 \text{ kg} \geq 9359.85 \text{ kg}$$

### e. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{240}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{210}{240} = 0.88 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} + \frac{1}{48} \frac{PL^3}{E \times I_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{280.14 \times (210^4)}{2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{1}{48} \frac{19970.12 \times (210^3)}{2 \times 10^6 \times 7210} = 0.76 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.76 \text{ cm} < 0.88 \text{ cm}$$

## 4.5 Perencanaan Ramp

### 4.5.1 Ramp Lantai 1 – 30 Tipikal

Ketinggian antar lantai : 400 cm

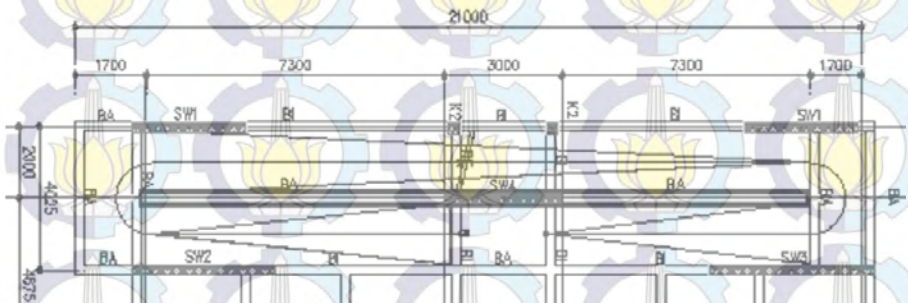
Tinggi bordes : 200 cm

Lebar bordes : 170 cm

Panjang bordes : 400 cm

Lebar ramp : 200 cm

Sudut kemiringan :  $\text{arc tg } \frac{100}{730} = 7.8^\circ$



Gambar 4.12 Denah Ramp

#### 4.5.2 Perencanaan Pelat Lantai Ramp

Digunakan pelat bondek dengan tebal = 0.75 mm

##### • Pembebanan

##### a. Beban Superimposed (Berguna)

- Spesi lantai  $t = 1 \text{ cm} = 21 \text{ kg/m}^2$
- Lantai keramik  $t = 1 \text{ cm} = 24 \text{ kg/m}^2$
- Perpipaian  $= 25 \text{ kg/m}^2 +$
- $= 70 \text{ kg/m}^2$

##### Beban Hidup

- Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)
- $= 2.87 \text{ kN/m}^2 = 292.66 \text{ kg/m}^2$

##### Beban Superimposed (Berguna)

$$= \text{beban finishing} + \text{beban hidup}$$

$$= 70 \text{ kg/m}^2 + 292.66 \text{ kg/m}^2 = 362.66 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga didapatkan data-data sebagai berikut:

- bentang (span)  $= 2.75 \text{ m}$
- tebal pelat beton  $= 11 \text{ cm}$
- tulangan negatif  $= 7.49 \text{ cm}^2/\text{m}$
- direncanakan memakai tulangan dengan  $\varnothing=14 \text{ mm}$
- $(A_s = 1.54 \text{ cm}^2)$



$$\begin{aligned}
 & - \text{banyaknya tulangan yang diperlukan tiap 1 m} \\
 & = \frac{A}{A_s} = \frac{7.49}{1.54} = 4.87 \text{ buah} = 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan tarik  $\varnothing 14$ -200

**b. Beban Mati**

$$\begin{aligned}
 & - \text{Pelat lantai bondek} & = 10.10 \text{ kg/m}^2 \\
 & - \text{Pelat beton } t = 11 \text{ cm} & = \frac{264 \text{ kg/m}^2}{+} \\
 & & = 274.10 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.5.3 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 400×200×8×13, dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 W = 66.0 \text{ kg/m} & t_f = 13 \text{ mm} & i_y = 4.54 \text{ cm} & S_y = 266 \text{ cm}^3 \\
 A = 84.1 \text{ cm}^2 & t_w = 8 \text{ mm} & I_x = 23700 \text{ cm}^4 & Z_x = 1190 \text{ cm}^3 \\
 b = 200 \text{ mm} & r = 16 \text{ mm} & I_y = 1740 \text{ cm}^4 & Z_y = 174 \text{ cm}^3 \\
 d = 400 \text{ mm} & i_x = 16.8 \text{ cm} & S_x = 1286 \text{ cm}^3 & h = 342 \text{ mm}
 \end{array}$$

**a. Pembebanan**

**1. Beban mati:**

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat bordes} &= 1.7 \times 274.1 & = 465.97 \text{ kg/m} \\
 \text{Balok bordes} &= & = \frac{66 \text{ kg/m}}{+} \\
 & & = 531.97 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan} &= 10\% \times 531.97 & = \frac{53.19 \text{ kg/m}}{+} \\
 & & = 585.17 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

**2. Beban hidup:**

$$\begin{aligned}
 \text{Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)} & \\
 &= 4.79 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 1.7 \text{ m} = 830.35 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\
 &= 1.2 \times 585.17 + 1.6 \times 830.35 = 2030.76 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 2030.76 \times (4^2) = 4061.53 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### b. Kontrol Penampang

- Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7.69$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang  
kompak

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1190 = 2,975,000 \text{ kgcm} = 29750 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 29750 \geq 4061.53$$

$$26775 \text{ kgm} \geq 4061.53 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm} \rightarrow \text{berpengaku disepanjang bentang}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 4.54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226.01 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p, \text{ keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan} \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$



#### d. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{170}{360} = 0.47 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \frac{(12.39 + 8.30) \times (170^4)}{2 \times 10^6 \times 23700} = 0.005 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.005 \text{ cm} < 0.47 \text{ cm}$$

#### 4.5.4 Perencanaan Balok Ramp

Direncanakan memakai profil WF 400×200×8×13, dengan data sebagai berikut :

$$W = 66.0 \text{ kg/m} \quad t_f = 13 \text{ mm}$$

$$i_y = 4.54 \text{ cm} \quad S_y = 266 \text{ cm}^3$$

$$A = 84.1 \text{ cm}^2 \quad t_w = 8 \text{ mm}$$

$$I_x = 23700 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad r = 16 \text{ mm}$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 174 \text{ cm}^3$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad i_x = 16.8 \text{ cm}$$

$$S_x = 1286 \text{ cm}^3 \quad h = 342 \text{ mm}$$

##### a. Pembebanan

- $q_w$

1. Beban mati:

$$\text{Pagar (Hand Rail)} = 20.00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat ramp} = 7.3 \times 274.1 = 2000.93 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok tangga} = 66 : \cos 7.8^\circ = 66.62 \text{ kg/m} + 2107.35 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 10\% \times 2107.35 = 210.74 \text{ kg/m} + 2318.09 \text{ kg/m}$$

2. Beban hidup:

$$\text{Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)} = 4.79 \text{ kN/m}^2 = 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 7.3 \text{ m} = 3565.61 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$$

$$= 1.2 \times 2318.09 + 1.6 \times 3565.61 = 8486.68 \text{ kg/m}$$

•  $q_{w2}$

1. Beban mati:

$$\text{Pagar (Hand Rail)} = 20.00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat bordes} = 1.7 \times 274.1 = 465.97 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok tangga} = 66 = 66.00 \text{ kg/m} + 551.97 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 10\% \times 551.97 = 55.19 \text{ kg/m} + 607.17 \text{ kg/m}$$

2. Beban hidup:

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 4.79 \text{ kN/m}^2 = 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 1.7 \text{ m} = 830.35 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$$

$$= 1.2 \times 607.17 + 1.6 \times 830.35 = 2057.16 \text{ kg/m}$$

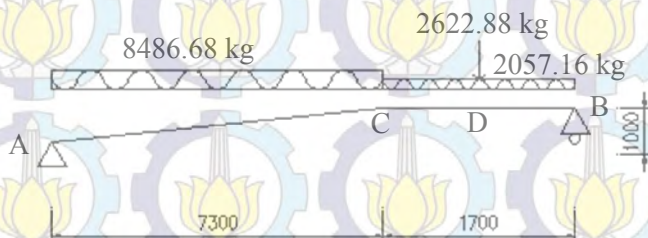
•  $P_1$

$$P_1 = \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bu} \cdot L_1 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bu} \cdot L_2 \right)$$

$$= \frac{1}{2} \times 2057.16 \times 1.7 + \frac{1}{2} \times 2057.16 \times 0.85$$

$$= 2622.88 \text{ kg}$$

### b. Gaya Dalam Balok Ramp



Gambar 4.13

Pembebanan Struktur Ramp

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \times 9 - q_{w1} \times 7.3 \times \left( \frac{1}{2} \times 7.3 + 1.7 \right) - q_{w2} \times 1.7^2 \times \frac{1}{2} - P_1 \times \frac{1}{2} \times 1.7 = 0$$

$$R_A = \frac{331447.29 + 2972.59 + 2229.45}{9} = 37405.48 \text{ kg } (\uparrow)$$



$$\Sigma V = 0$$

$$R_B = q_{w1} \times 7.3 + q_{w2} \times 1.7 + P_1 - R_A$$

$$R_A = 30667.34 \text{ kg } (\uparrow)$$

Momen Maksimum

$$R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_{w1} \cdot x^2 = 0$$

$$du/dx = 0 \rightarrow x = \frac{R_A}{q_{w1}} = \frac{37405.48}{8486.68} = 4.41 \text{ m Horizontal A}$$

$$M_{\max} = 37405.48 \times 4.41 - \frac{1}{2} \times q_{w1} \times 4.41^2 = 22433.27 \text{ kgm}$$

$$M_C = 37405.48 \times 7.3 - \frac{1}{2} \times q_{w1} \times 7.3^2 = 16932.42 \text{ kgm}$$

Gaya Lintang (D)

$$V_A = R_A \times \cos 7.8^\circ = 37059.34 \text{ kg}$$

$$V_{CKR} = V_A - q_{w1} \times \cos 7.8^\circ \times 7.3 = -24230.17 \text{ kg}$$

$$V_{CKN} = R_A - q_{w1} \times 7.3 = -24547.28 \text{ kg}$$

$$V_{DKR} = V_{CKN} - q_{w2} \times 0.85 = -26295.87 \text{ kg}$$

$$V_{DKN} = V_{DKR} - P_1 = -28918.75 \text{ kg}$$

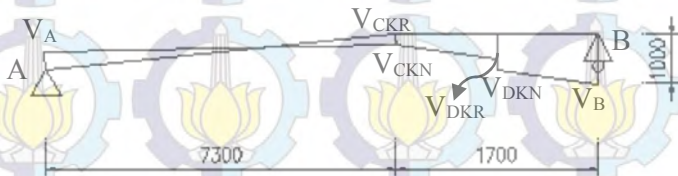
$$V_{BKR} = V_{DKN} - q_{w2} \times 0.85 = -30667.34 \text{ kg}$$

$$V_{BKN} = V_{BKR} + R_B = 0$$



Gambar 4.14

Bidang M Ramp



Gambar 4.15

Bidang D Ramp

### c. Kontrol Penampang

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7.69$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1190 = 2,975,000 \text{ kgcm} = 29750 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 29750 \geq 22433.27$$

$$26775 \text{ kgm} \geq 22433.27 \text{ kgm}$$

### d. Kontrol Tekuk Lateral

- Batang miring

$$L_b = 25 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 4.54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226.01 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p, \text{ keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan} \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

- Batang horizontal

$$L_b = 85 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 4.54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226.01 \text{ cm}$$



$L_b \leq L_b$ , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan  
SNI 1729:2015 Pasal F2.1

#### e. Kontrol Lendutan

Batas lendutan maks ( $f_{ijin}$ ) =  $\frac{L}{360}$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.50 \text{ cm}$$

- Batang miring

$$f^\circ = \frac{5}{48} \frac{L^2}{EI_x} \times (M_{\max} - 0.1(M_A + M_C))$$

$$f^\circ = \frac{5}{48} \frac{730^2}{2 \times 10^6 \times 23700} \times (22433.27 - 0.1(0 + 16932.42)) = 0.024 \text{ cm}$$

$$f^\circ \leq f_{ijin} \rightarrow 0.024 \text{ cm} < 2.50 \text{ cm}$$

- Batang horizontal

$$f^\circ = \frac{5}{48} \frac{L^2}{EI_x} \times (M_{\max} - 0.1(M_A + M_C))$$

$$f^\circ = \frac{5}{48} \frac{170^2}{2 \times 10^6 \times 23700} \times (22433.27 - 0.1(0 + 16932.42)) = 0.001 \text{ cm}$$

$$f^\circ \leq f_{ijin} \rightarrow 0.001 \text{ cm} < 2.50 \text{ cm}$$

#### 4.5.5 Perencanaan Balok Tumpuan Ramp

Direncanakan memakai profil WF 400×200×8×13, dengan data sebagai berikut :

$$W = 66.0 \text{ kg/m} \quad t_f = 13 \text{ mm}$$

$$i_y = 4.54 \text{ cm} \quad S_y = 266 \text{ cm}^3$$

$$A = 84.1 \text{ cm}^2 \quad t_w = 8 \text{ mm}$$

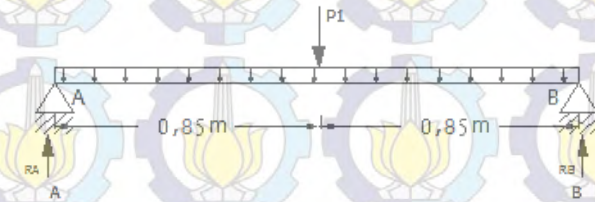
$$I_x = 23700 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad r = 16 \text{ mm}$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 174 \text{ cm}^3$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad i_x = 16.8 \text{ cm}$$

$$S_x = 1286 \text{ cm}^3 \quad h = 342 \text{ mm}$$



Gambar 4.16 Pembebanan Balok Tumpuan Ramp

**a. Pembebanan**

Beban terpusat  $P_1 = 30667.34 \text{ kg}$

1. Beban mati:

$$\text{Pelat bordes} = 1.7 \times 274.1 = 465.97 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok tumpuan tangga} = \frac{66.00 \text{ kg/m} + 531.97 \text{ kg/m}}{2}$$

$$\text{Sambungan} = 10\% \times 531.97 = \frac{53.19 \text{ kg/m} + 585.17 \text{ kg/m}}{2}$$

2. Beban hidup:

$$\begin{aligned} \text{Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)} \\ = 4.79 \text{ kN/m}^2 = 488.44 \text{ kg/m}^2 \times 1.7 \text{ m} = 830.35 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\ &= 1.2 \times 585.17 + 1.6 \times 830.35 = 2030.76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + P_1 \times L' \\ &= \frac{1}{8} \times 2030.76 \times (7.3^2) + 30667.34 \times 1.7 \\ &= 15661.88 \text{ kgm} \end{aligned}$$

**b. Kontrol Penampang**

• Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7.69$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$



- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1190 = 2,975,000 \text{ kgcm} = 29750 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 29750 \geq 15661.88$$

$$26775 \text{ kgm} \geq 15661.88 \text{ kgm}$$

#### c. Kontrol Tekuk Lateral

$L_b = 0 \rightarrow$  berpengaku di sepanjang bentang

$L_p > 0 \rightarrow L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan SNI 1729:2015 Pasal F2.1

#### d. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{730}{360} = 2.03 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} + \frac{23}{648} \frac{P L^3}{E \times I_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(5.85 + 8.30) \times (730^4)}{2 \times 10^6 \times 23700} + \frac{23}{648} \frac{30667.34 \times (730^3)}{2 \times 10^6 \times 23700} = 1.99 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 1.99 \text{ cm} < 2.03 \text{ cm}$$

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB V

### PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

#### 5.1 Data Gedung

Data-data perencanaan Rumah Sakit Umum Koja Jakarta yang diperlukan dalam pembebanan struktur adalah sebagai berikut :

- Mutu baja : BJ41
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Lebar : 42.825 m
- Panjang : 21 m
- Tinggi total : 125.140 m
- Tinggi antar lantai : 4 m
- Tebal pelat :
  - Pelat atap : 10 cm
  - Pelat lantai : 11 cm
- Dimensi kolom K1 :
  - Beton : 75×75
  - Profil : K 588×300×12×20
- Dimensi kolom K3 :
  - Beton : 65×65
  - Profil : K 500×200×10×16
- Dimensi kolom K4 :
  - Beton : 55×55
  - Profil : K 396×199×7×11
- Dimensi kolom K2 :
  - Beton : 45×45
  - Profil : K 298×149×5.5×8
- Dimensi balok induk : WF 600×200×11×17
- Profil balok anak : WF 400×200×8×13

- Profil balok tangga :
  - Utama : WF 200×100×5.5×8
  - Penumpu : WF 250×125×6×9
- Profil balok lift : WF 300×150×6.5×9
- Profil balok ramp : WF 400×200×8×13
- Zona gempa : Jakarta
- Jenis tanah : Tanah Sedang

## 5.2 Pembebanan dan Analisa Struktur

Beban-beban yang bekerja pada struktur ini dihitung sebagai berikut:

### 5.2.1 Beban Mati

- a. Pelat atap
  - Penggantung = 7 kg/m<sup>2</sup>
  - Plafond = 11 kg/m<sup>2</sup>
  - Perpipaan =  $\frac{25 \text{ kg/m}^2}{+}$
  - = 43 kg/m<sup>2</sup>
- b. Pelat lantai
  - Keramik = 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Spesi = 21 kg/m<sup>2</sup>
  - Penggantung = 7 kg/m<sup>2</sup>
  - Plafond = 11 kg/m<sup>2</sup>
  - Perpipaan =  $\frac{25 \text{ kg/m}^2}{+}$
  - = 88 kg/m<sup>2</sup>
- c. Dinding
  - Dinding =  $450 \text{ kg/m}^2 \times (4 - 0.6) = 1530 \text{ kg/m}$
- d. Tangga

Beban tangga merupakan beban terbagi rata pada balok tangga. Besarnya sama dengan perhitungan balok tangga.



e. Lift

Beban lift merupakan beban terpusat pada balok penggantung lift di atap. Besarnya sama dengan perhitungan balok penggantung lift.

f. Ramp

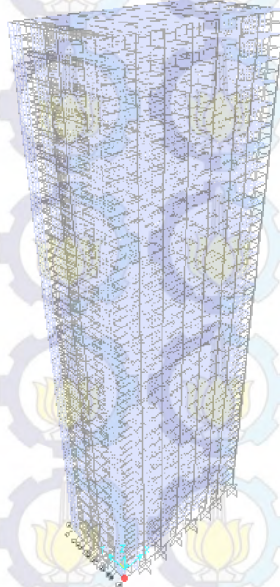
Beban ramp merupakan beban terbagi rata pada balok ramp. Besarnya sama dengan perhitungan balok ramp.

### 5.2.2 Beban Hidup

- Atap =  $0.96 \text{ kN/m}^2 = 97.89 \text{ kg/m}^2$
- Lantai =  $2.87 \text{ kN/m}^2 = 292.66 \text{ kg/m}^2$

### 5.2.3 Beban Gempa

Pembebanan gempa dinamis menggunakan program bantu SAP2000 dengan analisa dinamis respon spektrum. Berikut ini adalah pemodelan 3D dari struktur rumah sakit koja.



Gambar 5.1 Pemodelan 3D Struktur dengan SAP2000

### a. Perhitungan Massa dan Momen Inersia Bangunan

Berikut perhitungan massa dan momen inersia bangunan tiap lantai dengan koefisien reduksi beban hidup diambil sebesar 0.5 untuk atap dan 0.4 untuk lantai 1-30.

#### • Lantai 1

##### Beban Mati

Kolom	K1								
	Beton	:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	67.5	m <sup>3</sup>	=	162000 kg
	Profil	:	302	kg/m	×	120	m	=	36240 kg
Kolom	K2								
	Beton	:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	3.0375	m <sup>3</sup>	=	7290 kg
	Profil	:	64	kg/m	×	15	m	=	960 kg
Balok Induk		:	106	kg/m	×	330	m	=	34980 kg
Balok Anak		:	66	kg/m	×	198.475	m	=	13099.35 kg
Balok Tangga									
	Utama	:	21.3	kg/m	×	15.19	m	=	323.547 kg
	Penumpu	:	29.6	kg/m	×	5.4	m	=	159.84 kg
Balok Lift		:	36.7	kg/m	×	14.75	m	=	541.325 kg
Balok ramp		:	66	kg/m	×	14.6	m	=	963.6 kg
Pelat Bondek		:	10.1	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	9083.183 kg
Pelat Beton		:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	98.92575	m <sup>3</sup>	=	237421.8 kg
Dinding		:	250	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	224831.3 kg
Keramik		:	24	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	21583.8 kg
Spesi		:	21	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	18885.83 kg
Penggantung		:	7	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	6295.275 kg
Plafond		:	11	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	9892.575 kg
Perpipaan		:	25	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	22483.13 kg
						Σ		=	807034.5 kg
<b>Beban Hidup</b>									
Lantai		:	117.064	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	105278.6 kg



$$Wt \text{ lantai} = 912313.1 \text{ kg}$$

$$\text{Inersia} = \frac{\text{Massa} (b^2 + d^2)}{12} = \frac{912313.1 (21^2 + 42.825^2)}{12} = 175242845.2 \text{ kgm}^4$$

• Lantai 2-7

**Beban Mati**

Kolom K1

$$\text{Beton} : 2400 \text{ kg/m}^3 \times 54 \text{ m}^3 = 129600 \text{ kg}$$

$$\text{Profil} : 302 \text{ kg/m} \times 96 \text{ m} = 28992 \text{ kg}$$

Kolom K2

$$\text{Beton} : 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2.43 \text{ m}^3 = 5832 \text{ kg}$$

$$\text{Profil} : 64 \text{ kg/m} \times 12 \text{ m} = 768 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk} : 106 \text{ kg/m} \times 330 \text{ m} = 34980 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} : 66 \text{ kg/m} \times 198.475 \text{ m} = 13099.35 \text{ kg}$$

Balok Tangga

$$\text{Utama} : 21.3 \text{ kg/m} \times 15.19 \text{ m} = 323.547 \text{ kg}$$

$$\text{Penumpu} : 29.6 \text{ kg/m} \times 5.4 \text{ m} = 159.84 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Lift} : 36.7 \text{ kg/m} \times 14.75 \text{ m} = 541.325 \text{ kg}$$

$$\text{Balok ramp} : 66 \text{ kg/m} \times 14.6 \text{ m} = 963.6 \text{ kg}$$

$$\text{Pelat Bondek} : 10.1 \text{ kg/m}^2 \times 899.325 \text{ m}^2 = 9083.183 \text{ kg}$$

$$\text{Pelat Beton} : 2400 \text{ kg/m}^3 \times 98.92575 \text{ m}^3 = 237421.8 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} : 250 \text{ kg/m}^2 \times 899.325 \text{ m}^2 = 224831.3 \text{ kg}$$

$$\text{Keramik} : 24 \text{ kg/m}^2 \times 899.325 \text{ m}^2 = 21583.8 \text{ kg}$$

$$\text{Spesi} : 21 \text{ kg/m}^2 \times 899.325 \text{ m}^2 = 18885.83 \text{ kg}$$

$$\text{Penggantung} : 7 \text{ kg/m}^2 \times 899.325 \text{ m}^2 = 6295.275 \text{ kg}$$

$$\text{Plafond} : 11 \text{ kg/m}^2 \times 899.325 \text{ m}^2 = 9892.575 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{lclclcl} \text{Perpipaan} & : & 25 \text{ kg/m}^2 & \times & 899.325 \text{ m}^2 & = & 22483.13 \text{ kg} \\ & & & & \Sigma & = & 765736.6 \text{ kg} \end{array}$$

**Beban Hidup**

$$\text{Lantai} : 117.064 \text{ kg/m}^2 \times 899.325 \text{ m}^2 = 105278.6 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Wt lantai} & = & 871015.2 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Inersia} &= \frac{\text{Massa} (b^2 + d^2)}{12} = \frac{871015.1(21^2 + 43.725^2)}{12} \\ &= 165128535.2 \text{ kgm}^4 \end{aligned}$$

- Lantai 8-14

**Beban Mati**

Kolom	K3					
Beton	:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	40.56	m <sup>3</sup> = 97344 kg
Profil	:	179.2	kg/m	×	96	m = 17203.2 kg
Kolom	K2					
Beton	:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	2.43	m <sup>3</sup> = 5832 kg
Profil	:	64	kg/m	×	12	m = 768 kg
Balok Induk	:	106	kg/m	×	330	m = 34980 kg
Balok Anak	:	66	kg/m	×	198.475	m = 13099.35 kg
Balok Tangga						
Utama	:	21.3	kg/m	×	15.19	m = 323.547 kg
Penumpu	:	29.6	kg/m	×	5.4	m = 159.84 kg
Balok Lift	:	36.7	kg/m	×	14.75	m = 541.325 kg
Balok ramp	:	66	kg/m	×	14.6	m = 963.6 kg
Pelat Bondek	:	10.1	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup> = 9083.183 kg
Pelat Beton	:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	98.92575	m <sup>3</sup> = 237421.8 kg
Dinding	:	250	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup> = 224831.3 kg
Keramik	:	24	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup> = 21583.8 kg



Spesi	:	21 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	18885.83 kg
Penggantung	:	7 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	6295.275 kg
Plafond	:	11 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	9892.575 kg
Perpipaan	:	25 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	22483.13 kg
				Σ	=	721691.8 kg

**Beban Hidup**

Lantai	:	117.064 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	105278.6 kg
--------	---	---------------------------	---	------------------------	---	-------------

$$W_t \text{ lantai} = 821015.1 \text{ kg}$$

$$\text{Inersia} = \frac{\text{Massa} (b^2 + d^2)}{12} = \frac{821015.1 (21^2 + 43.725^2)}{12} = 1547093.18 \text{ kgm}^4$$

- Lantai 15-21

**Beban Mati**

Kolom K4

Beton	:	2400 kg/m <sup>3</sup>	×	29.04 m <sup>3</sup>	=	69696 kg
Profil	:	82.8 kg/m	×	96 m	=	7948.8 kg

Kolom K2

Beton	:	2400 kg/m <sup>3</sup>	×	2.43 m <sup>3</sup>	=	5832 kg
Profil	:	64 kg/m	×	12 m	=	768 kg

Balok Induk	:	106 kg/m	×	330 m	=	34980 kg
-------------	---	----------	---	-------	---	----------

Balok Anak	:	66 kg/m	×	198.475 m	=	13099.35 kg
------------	---	---------	---	-----------	---	-------------

Balok Tangga

Utama	:	21.3 kg/m	×	15.19 m	=	323.547 kg
Penumpu	:	29.6 kg/m	×	5.4 m	=	159.84 kg

Balok Lift	:	36.7 kg/m	×	14.75 m	=	541.325 kg
------------	---	-----------	---	---------	---	------------

Balok ramp	:	66 kg/m	×	14.6 m	=	963.6 kg
------------	---	---------	---	--------	---	----------

Pelat Bondek	:	10.1	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	9083.183	kg
Pelat Beton	:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	98.92575	m <sup>3</sup>	=	237421.8	kg
Dinding	:	250	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	224831.3	kg
Keramik	:	24	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	21583.8	kg
Spesi	:	21	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	18885.83	kg
Penggantung	:	7	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	6295.275	kg
Plafond	:	11	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	9892.575	kg
Perpipaan	:	25	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	22483.13	kg
						Σ	=	694789.4	kg

### Beban Hidup

Lantai	:	117.064	kg/m <sup>2</sup>	×	899.325	m <sup>2</sup>	=	105278.6	kg
--------	---	---------	-------------------	---	---------	----------------	---	----------	----

$$Wt \text{ lantai} = 790068.7 \text{ kg}$$

$$\text{Inersia} = \frac{\text{Massa} (b^2 + d^2)}{12} = \frac{790068(21^2 + 43.725^2)}{12}$$

$$= 14887784.7 \text{ kgm}^4$$

### • Lantai 22-30

#### Beban Mati

Kolom	K2								
Beton	:	2400	kg/m <sup>3</sup>	×	21.06	m <sup>3</sup>	=	50544	kg
Profil	:	64	kg/m	×	130	m	=	8320	kg
Balok Induk	:	106	kg/m	×	330	m	=	34980	kg
Balok Anak	:	66	kg/m	×	198.475	m	=	13099.35	kg
Balok Tangga									
Utama	:	21.3	kg/m	×	15.19	m	=	323.547	kg
Penumpu	:	29.6	kg/m	×	5.4	m	=	159.84	kg
Balok Lift	:	36.7	kg/m	×	14.75	m	=	541.325	kg



Balok ramp	:	66 kg/m	×	14.6 m	=	963.6 kg
Pelat Bondek	:	10.1 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	9083.183 kg
Pelat Beton	:	2400 kg/m <sup>3</sup>	×	98.92575 m <sup>3</sup>	=	237421.8 kg
Penggantung	:	7 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	6295.275 kg
Plafond	:	11 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	9892.575 kg
Perpipaan	:	25 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	22483.13 kg
				Σ	=	394107.6 kg

### Beban Hidup

Atap	:	48.945 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	44017.46 kg
				Wt lantai	=	438125.1 kg

$$\text{Inersia} = \frac{\text{Massa} (b^2 + d^2)}{12} = \frac{438125.1 (21^2 + 43.725^2)}{12} = 85936421.1 \text{ kgm}^4$$

### • Lantai Atap

### Beban Mati

Kolom K2						
Beton	:	2400 kg/m <sup>3</sup>	×	21.06 m <sup>3</sup>	=	50544 kg
Profil	:	64 kg/m	×	130 m	=	8320 kg
Balok Induk	:	106 kg/m	×	330 m	=	34980 kg
Balok Anak	:	66 kg/m	×	198.475 m	=	13099.35 kg
Balok Tangga						
Utama	:	21.3 kg/m	×	15.19 m	=	323.547 kg
Penumpu	:	29.6 kg/m	×	5.4 m	=	159.84 kg
Balok Lift	:	36.7 kg/m	×	14.75 m	=	541.325 kg
Balok ramp	:	66 kg/m	×	14.6 m	=	963.6 kg
Pelat Bondek	:	10.1 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	9083.183 kg
Pelat Beton	:	2400 kg/m <sup>3</sup>	×	98.92575 m <sup>3</sup>	=	237421.8 kg

Penggantung	:	7 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	6295.275 kg
Plafond	:	11 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	9892.575 kg
Perpipaan	:	25 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	22483.13 kg
				Σ	=	394107.6 kg

### Beban Hidup

Atap	:	48.945 kg/m <sup>2</sup>	×	899.325 m <sup>2</sup>	=	44017.46 kg
				Wt lantai	=	438125.1 kg

$$\text{Inersia} = \frac{\text{Massa} (b^2 + d^2)}{12} = \frac{438125.1(21^2 + 43.725^2)}{12}$$

$$= 85936421.1 \text{ kgm}^4$$

Rekapitulasi berat bangunan secara lengkap disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 5.1 Rekapitulasi Berat Bangunan

Lantai	Tinggi (m)	Berat (kg)	Massa (kN)	Inersia (kNm <sup>4</sup> )
Atap	121	438125.10	4298.01	825588.17
30	117	438125.10	4298.01	825588.17
29	113	438125.10	4298.01	825588.17
28	109	438125.10	4298.01	825588.17
27	105	438125.10	4298.01	825588.17
26	101	438125.10	4298.01	825588.17
25	97	438125.10	4298.01	825588.17
24	93	438125.10	4298.01	825588.17
23	89	438125.10	4298.01	825588.17
22	85	438125.10	4298.01	825588.17
21	81	790068.00	7750.57	1488777.51
20	77	790068.00	7750.57	1488777.51



Lantai	Tinggi (m)	Berat (kg)	Massa (kN)	Inersia (kNm <sup>4</sup> )
19	73	790068.00	7750.57	1488777.51
18	69	790068.00	7750.57	1488777.51
17	65	790068.00	7750.57	1488777.51
16	61	790068.00	7750.57	1488777.51
15	57	790068.00	7750.57	1488777.51
14	53	821015.10	8054.16	1547093.18
13	49	821015.10	8054.16	1547093.18
12	45	821015.10	8054.16	1547093.18
11	41	821015.10	8054.16	1547093.18
10	37	821015.10	8054.16	1547093.18
9	33	821015.10	8054.16	1547093.18
8	29	821015.10	8054.16	1547093.18
7	25	871015.08	8544.66	1641311.45
6	21	871015.08	8544.66	1641311.45
5	17	871015.08	8544.66	1641311.45
4	13	871015.08	8544.66	1641311.45
3	9	871015.08	8544.66	1641311.45
2	5	871015.08	8544.66	1641311.45
1	0	912313.08	8949.79	1719132.01
$\Sigma$		21797236.23	213830.85	41073977.26

#### b. Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.3.1, analisa struktur harus memperhitungkan kekakuan relatif diafragma kecuali jika diafragma dapat diidealisasikan sebagai diafragma fleksibel, dalam hal ini yaitu struktur dimana elemen vertikal adalah beton komposit atau dinding geser beton.

### c. Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2 Tabel 1 dan 2, kategori risiko untuk rumah sakit yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat adalah termasuk dalam kategori risiko IV dan memiliki faktor keutamaan gempa,  $I_e$ , 1.50.

### d. Percepatan Respons Spektrum (MCE)

Berdasarkan SNI 1726:2012 Gambar 9, nilai parameter percepatan respons spectral periode pendek,  $S_s$ , untuk Kota Jakarta adalah 0.6 – 0.7 g, diambil 0.633g. Sedangkan berdasarkan SNI 1726:2012 Gambar 10, nilai parameter percepatan respons spectral periode 1 detik,  $S_1$ , untuk Kota Jakarta adalah 0.25 - 0.3 g, diambil 0.283g. Dari nilai tersebut didapat data-data sebagai berikut :

$$F_a = 1.2 - 1.4, \text{ diambil } F_a = 1.293$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2 Tabel 4

$$F_v = 1.2 - 1.4, \text{ diambil } F_v = 1.835$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2 Tabel 5

$$SM_s = F_a \times S_s = 0.819 \text{ g}$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2

$$SM_1 = F_v \times S_1 = 0.519 \text{ g}$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2

$$SD_s = 2/3 \times SM_s = 0.546 \text{ g}$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.3

$$SD_1 = 2/3 \times SM_1 = 0.346 \text{ g}$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.3

### e. Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 6.5 Tabel 6, struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang ditentukan dengan alternatif prosedur penyederhanaan desain menggunakan nilai  $SD_s$ . Sehingga didapat kategori risiko D.



**f. Arah Pembebanan**

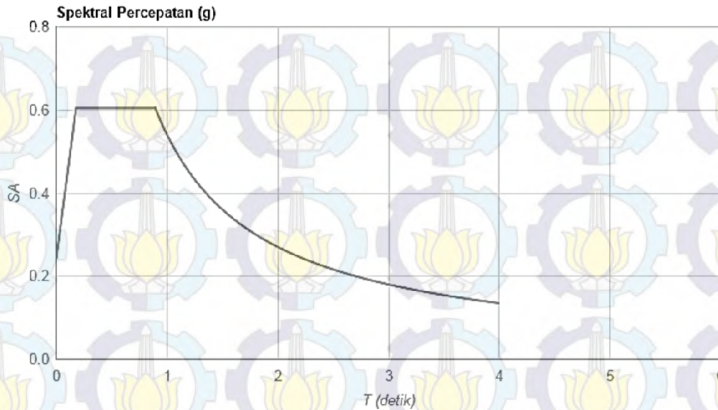
Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.5.1, arah penerapan beban gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang akan menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Untuk struktur bangunan dengan kategori desain seismik D, gaya gempa desain diijinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing-masing arah dari dua arah ortogonal dan pengaruh interaksi ortogonal diijinkan untuk diabaikan. Sebagai tambahan, semua kolom atau dinding yang membentuk bagian dari dua atau lebih sistem penahan gaya gempa yang berpotongan dan dikenai beban aksial akibat gaya gempa yang bekerja sepanjang baik sumbu denah utama sama atau melebihi 20 persen kuat desain aksial kolom atau dinding harus didesain untuk pengaruh beban paling kritis akibat penerapan gaya gempa dalam semua arah.

**g. Prosedur Analisis**

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.6 Tabel 13, analisis stuktur yang disyaratkan harus terdiri dari salah satu tipe yang diijinkan, berdasarkan pada ketegori desain struktur, sistem struktur, property dinamis, dan keteraturan. Prosedur analisis yang akan digunakan adalah analisa spektrum respons ragam.

**h. Analisis Spektrum Respons Ragam**

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa actual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.



Gambar 5.2 Grafik Respon Spektrum

**i. Periode Fundamental Struktur ( $T$ )**

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2, periode fundamental struktur  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji dan tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 14. Sehingga didapatkan koefisien  $C_u$  sebesar 1.4.

Periode fundamental,  $T$ , yang dihitung dengan analisa struktur dilakukan menggunakan program bantu analisa struktur spektrum respons gempa IBC 2006 yang tipikal dengan spektrum respons RSNI 1726:2010. Dari hasil analisa struktur diperoleh nilai  $T$  tertinggi sebesar 3.721.

$$\left. \begin{array}{l} T_a = 0.0466 \times 121^{0.9} = 3.49 \\ T = 3.721 \\ C_u \times T = 1.4 \times 3.49 = 4.886 \end{array} \right\} T_a < T < C_u \times T \rightarrow \text{Periode memenuhi persyaratan}$$

**j. Simpangan Antar Lantai ( $\Delta$ )**

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.12.1 Tabel 16, simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ), tidak boleh



melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) berdasarkan tingkat kategori risiko dan sistem strukturnya.

Digunakan  $\Delta_a = 0.020 h_{sx}$

Tabel 5.2 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	
Atap	121	70.77	2.01	7.37	80	OK
30	117	68.76	2.03	7.44	80	OK
29	113	66.73	2.04	7.48	80	OK
28	109	64.69	2.06	7.55	80	OK
27	105	62.63	2.08	7.63	80	OK
26	101	60.55	2.1	7.7	80	OK
25	97	58.45	2.12	7.77	80	OK
24	93	56.33	2.14	7.85	80	OK
23	89	54.19	2.17	7.96	80	OK
22	85	52.02	2.19	8.03	80	OK
21	81	49.83	2.22	8.14	80	OK
20	77	47.61	2.24	8.21	80	OK
19	73	45.37	2.26	8.29	80	OK
18	69	43.11	2.29	8.4	80	OK
17	65	40.82	2.31	8.47	80	OK
16	61	38.51	2.33	8.54	80	OK
15	57	36.18	2.35	8.62	80	OK
14	53	33.83	2.38	8.73	80	OK
13	49	31.45	2.39	8.76	80	OK
12	45	29.06	2.4	8.8	80	OK

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
11	41	26.66	2.42	8.87	80	OK
10	37	24.24	2.42	8.87	80	OK
9	33	21.82	2.44	8.95	80	OK
8	29	19.38	2.43	8.91	80	OK
7	25	16.95	2.43	8.91	80	OK
6	21	14.52	2.43	8.91	80	OK
5	17	12.09	2.41	8.84	80	OK
4	13	9.68	2.39	8.76	80	OK
3	9	7.29	2.35	8.62	80	OK
2	5	4.94	2.96	10.85	100	OK
1	0	1.98	1.98	7.26	80	OK
B1	-4	0	0	0	0	OK

Tabel 5.3 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
Atap	121	68.38	1.84	6.75	80	OK
30	117	66.54	1.87	6.86	80	OK
29	113	64.67	1.88	6.89	80	OK
28	109	62.79	1.90	6.97	80	OK
27	105	60.89	1.93	7.08	80	OK
26	101	58.96	1.95	7.15	80	OK
25	97	57.01	1.99	7.30	80	OK



Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_{ii}$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
24	93	55.02	2.02	7.41	80	OK
23	89	53	2.04	7.48	80	OK
22	85	50.96	2.09	7.66	80	OK
21	81	48.87	2.12	7.77	80	OK
20	77	46.75	2.15	7.88	80	OK
19	73	44.6	2.18	7.99	80	OK
18	69	42.42	2.22	8.14	80	OK
17	65	40.2	2.24	8.21	80	OK
16	61	37.96	2.28	8.36	80	OK
15	57	35.68	2.30	8.43	80	OK
14	53	33.38	2.32	8.51	80	OK
13	49	31.06	2.35	8.62	80	OK
12	45	28.71	2.37	8.69	80	OK
11	41	26.34	2.39	8.76	80	OK
10	37	23.95	2.40	8.80	80	OK
9	33	21.55	2.41	8.84	80	OK
8	29	19.14	2.41	8.84	80	OK
7	25	16.73	2.41	8.84	80	OK
6	21	14.32	2.40	8.80	80	OK
5	17	11.92	2.39	8.76	80	OK
4	13	9.53	2.36	8.65	80	OK
3	9	7.17	2.33	8.54	80	OK
2	5	4.84	2.91	10.67	100	OK
1	0	1.93	1.93	7.08	80	OK
B1	-4	0	0.00	0.00	0	OK

Tabel 5.4 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
Atap	121	28.21	0.72	2.64	80	OK
30	117	27.49	0.73	2.68	80	OK
29	113	26.76	0.74	2.71	80	OK
28	109	26.02	0.75	2.75	80	OK
27	105	25.27	0.76	2.79	80	OK
26	101	24.51	0.77	2.82	80	OK
25	97	23.74	0.78	2.86	80	OK
24	93	22.96	0.80	2.93	80	OK
23	89	22.16	0.82	3.01	80	OK
22	85	21.34	0.83	3.04	80	OK
21	81	20.51	0.85	3.12	80	OK
20	77	19.66	0.87	3.19	80	OK
19	73	18.79	0.88	3.23	80	OK
18	69	17.91	0.90	3.30	80	OK
17	65	17.01	0.92	3.37	80	OK
16	61	16.09	0.93	3.41	80	OK
15	57	15.16	0.96	3.52	80	OK
14	53	14.2	0.97	3.56	80	OK
13	49	13.23	0.98	3.59	80	OK
12	45	12.25	1.00	3.67	80	OK
11	41	11.25	1.02	3.74	80	OK
10	37	10.23	1.03	3.78	80	OK
9	33	9.2	1.04	3.81	80	OK
8	29	8.16	1.04	3.81	80	OK



Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
7	25	7.12	1.05	3.85	80	OK
6	21	6.07	1.04	3.81	80	OK
5	17	5.03	1.04	3.81	80	OK
4	13	3.99	1.02	3.74	80	OK
3	9	2.97	0.98	3.59	80	OK
2	5	1.99	1.20	4.40	100	OK
1	0	0.79	0.79	2.90	80	OK
B1	-4	0	0.00	0.00	0	OK

Tabel 5.5 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
Atap	121	29.33	0.72	2.64	80	OK
30	117	28.61	0.73	2.68	80	OK
29	113	27.88	0.74	2.71	80	OK
28	109	27.14	0.75	2.75	80	OK
27	105	26.39	0.76	2.79	80	OK
26	101	25.63	0.78	2.86	80	OK
25	97	24.85	0.79	2.90	80	OK
24	93	24.06	0.81	2.97	80	OK
23	89	23.25	0.83	3.04	80	OK
22	85	22.42	0.85	3.12	80	OK
21	81	21.57	0.86	3.15	80	OK
20	77	20.71	0.89	3.26	80	OK

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
19	73	19.82	0.90	3.30	80	OK
18	69	18.92	0.93	3.41	80	OK
17	65	17.99	0.94	3.45	80	OK
16	61	17.05	0.97	3.56	80	OK
15	57	16.08	0.98	3.59	80	OK
14	53	15.1	1.01	3.70	80	OK
13	49	14.09	1.02	3.74	80	OK
12	45	13.07	1.04	3.81	80	OK
11	41	12.03	1.05	3.85	80	OK
10	37	10.98	1.08	3.96	80	OK
9	33	9.9	1.08	3.96	80	OK
8	29	8.82	1.10	4.03	80	OK
7	25	7.72	1.10	4.03	80	OK
6	21	6.62	1.11	4.07	80	OK
5	17	5.51	1.11	4.07	80	OK
4	13	4.4	1.10	4.03	80	OK
3	9	3.3	1.02	3.74	80	OK
2	5	2.28	1.38	5.06	100	OK
1	0	0.9	0.90	3.30	80	OK
B1	-4	0	0.00	0.00	0	OK

#### k. Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa actual dalam



masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Tabel 5.6 Rasio Partisipasi Massa Rumah Sakit Koja

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.62	0.000871
MODAL	Mode	2	0.762	0.621
MODAL	Mode	3	0.762	0.731
MODAL	Mode	4	0.763	0.817
MODAL	Mode	5	0.79	0.853
MODAL	Mode	6	0.891	0.867
MODAL	Mode	7	0.891	0.896
MODAL	Mode	8	0.896	0.913
MODAL	Mode	9	0.932	0.915
MODAL	Mode	10	0.932	0.931
MODAL	Mode	11	0.934	0.94
MODAL	Mode	12	0.934	0.949

Dari tabel 5.6 didapat partisipasi massa arah x sebesar 93.4% pada moda ke 11 dan partisipasi massa arah y sebesar 94.9% pada moda ke 12. Maka, dapat disimpulkan analisis struktur telah memenuhi syarat yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 persen.

#### 1. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai geser dasar dinamis  $V_{dinamis} > 0.85V_{statik}$  sebagai syarat kontrol nilai akhir respon spektrum.  $V_{dinamis}$  didapat dari hasil analosa SAP2000.

$$V_{statik} = C_s W = 0.102 \times 21797236.23 = 2231492.06 \text{ kg}$$

$$V_{dinamis} = 2582745.44 \text{ kg} > 0.85V_{statik} = 1896768.25 \text{ kg}$$

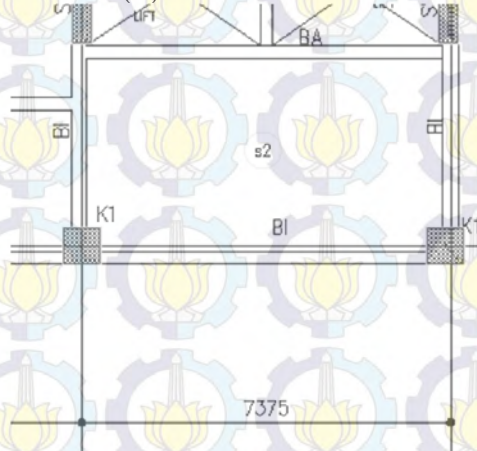
## 5.3 Perencanaan Balok Induk

### 5.3.1 Perencanaan Balok Induk

Direncanakan memakai profil WF 600×200×11×17, dengan data sebagai berikut :

$W = 106 \text{ kg/m}$	$t_r = 17 \text{ mm}$	$i_y = 4.12 \text{ cm}$	$S_y = 357 \text{ cm}^3$
$A = 134.4 \text{ cm}^2$	$t_w = 11 \text{ mm}$	$I_x = 77600 \text{ cm}^4$	$Z_x = 2590 \text{ cm}^3$
$b = 200 \text{ mm}$	$r = 22 \text{ mm}$	$I_y = 2280 \text{ cm}^4$	$Z_y = 228 \text{ cm}^3$
$d = 600 \text{ mm}$	$i_x = 24 \text{ cm}$	$S_x = 2863 \text{ cm}^3$	$h = 522 \text{ mm}$
BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$		$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$	
$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$			
Beton : $f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2$		tebal = 11 cm	
hr = 5.3 cm		tebal pelat = 5.7 cm	

Panjang balok anak (L) = 737.5 cm



Gambar 5.3 Denah Pembalokan Lantai 2

#### a. Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil SAP2000, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut :



$$M_{max} = 16758.25 \text{ kgm}$$

$$V_{max} = 12704.97 \text{ kg}$$

➤ **Kontrol Penampang**

- Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5.88$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} = 5.88 \\ \lambda_p = 10.75 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang  
kompak

- Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47.45$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 47.45 \\ \lambda_p = 106.35 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = 2,141,449.19 \text{ kgcm} = 21414.49 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90$$

SNI 1729:2015 Pasal F1

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 21414.49 \geq 16758.25$$

$$19273.04 \text{ kgm} \geq 16758.25 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 30 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 4.12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 205.09 \text{ cm}$$

$$L_b > 0 \rightarrow L_b \leq L_p, \text{ keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.1

➤ **Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{737.5}{360} = 2.05 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan SAP2000 diperoleh lendutan sebesar  $f^o = 0.095 \text{ cm}$ , maka

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.095 \text{ cm} < 2.05 \text{ cm}$$

### b. Kondisi Setelah Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil SAP2000, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$M_{max (+)} = 112433.48 \text{ kgm}$$

$$M_{max (-)} = 64922.33 \text{ kgm}$$

$$V_{max} = 231761.97 \text{ kg}$$

### Zona Momen Positif

#### ➤ Menghitung Momen Nominal

- Lebar Efektif

$$\left. \begin{aligned} b_{eff} &\leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} 737.5 = 184.38 \text{ cm} \\ b_{eff} &\leq S = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm} \end{aligned} \right\} b_{eff} = 184.38 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.1.1a

- Kriteria Penampang

$$h/t_w = 522/11 = 47.45$$

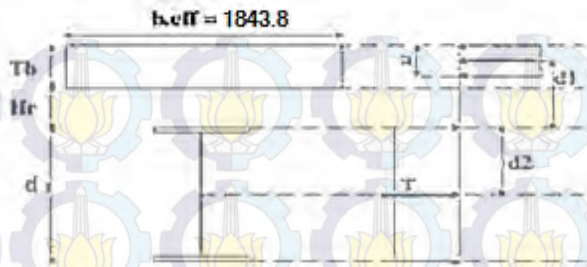
$$\left. \begin{aligned} 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Momen nominal dianalisa} \\ \text{dengan distribusi tegangan} \\ \text{plastis} \end{array}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a

$$\left. \begin{aligned} C &= 0.85 f_c' t_{plat} b_{eff} = 0.85 \times 300 \times 5.7 \times 184.38 \\ &= 267,996 \text{ kg} \\ T &= A_s F_y = 134.4 \times 2500 = 336,000 \text{ kg} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} T < C \text{ maka} \\ \text{garis netral} \\ \text{plastis terletak} \\ \text{pada beton} \end{array}$$

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 f_c' b_{eff}} = \frac{336000}{0.85 \times 300 \times 184.38} = 7.15 \text{ cm}$$





$$d_1 = h_r + t_b - a/2 = 53 + 57 - 71.5/2 = 74.25 \text{ mm}$$

$$d_2 = d/2 = 600/2 = 300 \text{ mm}$$

$$e = d_1 + d_2 = 74.25 + 300 = 374.25 \text{ mm}$$

$$M_n = T \times e = 336000 \times 37.43 = 12,574,800 \text{ kgcm} = 125748 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 125748 \geq 112433.48$$

$$113173.2 \text{ kgm} \geq 112433.48 \text{ kgm}$$

#### ➤ Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{737.5}{360} = 2.05 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan SAP2000 diperoleh lendutan sebesar  $f^o = 0.11 \text{ cm}$ , maka

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0.11 \text{ cm} < 2.05 \text{ cm}$$

#### ➤ Kontrol Geser

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$h/t_w = 522/11 = 47.45$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.36 \quad \left. \begin{array}{l} \phi_v = 1.00 \\ C_v = 1.0 \end{array} \right\}$$

$$V_n = 0.6 \times 250 \times 522 \times 11 \times 1 = 861300 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 861300 \text{ kg} \geq 231761.97 \text{ kg}$$

### Zona Momen Negatif

$$T = n \times A_r \times f_{yr} = 10 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 1.2^2) \times 2500 = 38465.66 \text{ kg}$$

$$P_{yc} = A_s \times f_y = 134.4 \times 2500 = 33600 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil  $T_f$

$$= b_f \times t_f \times f_y = 20 \times 1.7 \times 2500 = 85000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil  $T_w = (P_{yc} - T) / 2 - T_f$

$$= (336000 - 38465.66) / 2 - 85000 = 63767.17 \text{ kg}$$

$$\text{Jarak garis netral } a_w = \frac{T_w'}{f_y t_w} = \frac{63767.17}{2500 \times 1.1} = 23.18 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(T_f \times 0.5 t_f) + (T_w (t_f + 0.5 a_w))}{T_f + T_w}$$

$$= \frac{(85000 \times 0.5 \times 1.7) + (63767.17 (1.7 + 0.5 \times 23.18))}{85000 + 63767.17} = 6.18 \text{ cm}$$

$$d_3 = d/2 = 60/2 = 30 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - c = 5.3 + 5.7 - 2 = 9 \text{ cm}$$

$$M_n = T (d_1 + d_2) + P_{yc} (d_3 - d_2)$$

$$= 38465.66 (9 + 6.18) + 336000 (30 - 6.18)$$

$$= 8587428.72 \text{ kgcm}$$

$$= 85874.28 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 85874.28 \geq 64922.33$$

$$77286.86 \text{ kgm} \geq 64922.33 \text{ kgm}$$

### c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut :



$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 201.06 \text{ mm}^2$$

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

SNI 1729:2015 Pasal I8.2a

$$Q_n = 0.5 \times 201.06 \sqrt{30 \times 27691.47} = 91,628.23 \text{ N} = 9162.82 \text{ kg/stud}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 201.06 \times 41 = 6182.59 \text{ kg/stud}$$

$$Q_n = 6182.59 \text{ kg/stud}$$

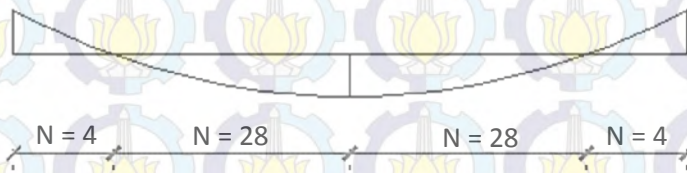
Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris :

$$N = \frac{V'}{2Q_n} = \frac{336000}{2 \times 6182.59} = 27.17 \approx 28 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris :

$$N = \frac{V'}{2Q_n} = \frac{38465.66}{2 \times 6182.59} = 3.11 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar penghubung geser } S = \frac{L'}{N} = \frac{737.5}{32} = 23.05 = 30 \text{ cm}$$

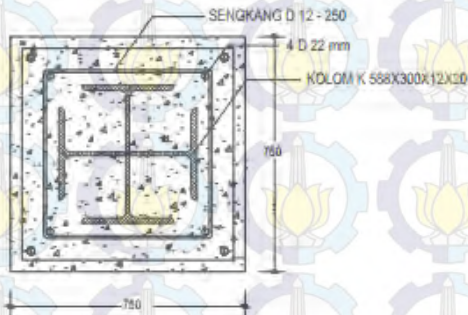


Gambar 5.4 Penempatan Penghubung Geser

## 5.4 Perencanaan Kolom K1

Kolom direncanakan menggunakan profil K 588×300×12×20, dengan data sebagai berikut:

$W = 302 \text{ kg/m}$     $t_f = 20 \text{ mm}$     $i_y = 18.16 \text{ cm}$     $Z_y = 4419.5 \text{ cm}^3$   
 $A = 385 \text{ cm}^2$     $t_w = 12 \text{ mm}$     $I_x = 127020 \text{ cm}^4$   
 $H = 588 \text{ mm}$     $r = 28 \text{ mm}$     $I_y = 132585 \text{ cm}^4$   
 $B = 300 \text{ mm}$     $i_x = 18.16 \text{ cm}$     $Z_x = 4320.4 \text{ cm}^3$   
 BJ 41 :  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$     $f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$   
            $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$   
 Beton :  $f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2$   
 Diameter tulangan utama : 22 mm  
 Diameter sengkang : 12 mm



Gambar 5.5 Penampang Kolom Komposit

Kontrol luas penampang minimum profil baja :

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} = \frac{385}{75 \times 75} = 0.069 > \rho_{sr \min} = 0.004$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(3)

Kontrol jarak sengkang = 250 mm < 406 mm

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(2)

Kontrol mutu beton = 21 MPa < 30 MPa < 70 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

Kontrol mutu tulangan = 250 MPa < 525 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

#### a. Kontrol Kekuatan Tekan

Dari hasil SAP2000 diperoleh gaya dalam maksimum pada kolom frame 3412 sebagai berikut :



$$Pu = 497104.67 \text{ kg} = 4874931.51 \text{ N}$$

$$Mux = 113708.55 \text{ kgm}$$

$$Muy = 91554.99 \text{ kgm}$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$\begin{aligned} P_{no} &= 250 \times 385 \times 10^2 + 250 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 + 0.85 \times 30 \times 750^2 \\ &= 24063783.18 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 = \pi^2 (E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c) / (K \times L)^2$$

$$C_1 = 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3 = 0.1 + 2 \left( \frac{385}{75 \times 75 + 385} \right) = 0.23$$

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} = 0.043 (2400^{1.5}) \sqrt{30} = 27691.47 \text{ MPa}$$

$$E_s I_s = 2 \times 10^5 \times 127020 \times 10^4 = 2.54 \times 10^{14}$$

$$\begin{aligned} 0.5 E_s I_{sr} &= 0.5 \times 2 \times 10^5 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \times ((750 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22) / 2)^2 \\ &= 3.7 \times 10^{12} \end{aligned}$$

$$C_1 E_c I_c = 0.23 \times 27691.47 \times 750^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 750 \right)^2 = 5.04 \times 10^{14}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 5000)^2 = 2.5 \times 10^7$$

$$\begin{aligned} P_e &= \pi^2 (2.54 \times 10^{14} + 3.7 \times 10^{12} + 5.04 \times 10^{14}) / 2.5 \times 10^7 \\ &= 300707106.9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{24063783.18}{300707106.9} = 0.08 \leq 2.25 \rightarrow P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_n = 24063783.18 \left[ 0.658^{0.08} \right] = 23271137.71 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$\phi_c P_n = 0.75 \times 23271137.71 = 17453353.28 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_u < \phi_c P_n = 4874931.51 < 17453353.28 \text{ N}$$

### b. Kontrol Kekuatan Lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smith (1996) :

$$Mn_c = F_y Z - \frac{1}{3} \left( 5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} - \left( \frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1.7 f_c h} \right) A_w F_y \right)$$

$$C_r = 40 + 12 + (22/2) = 63 \text{ mm} = 6.3 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 4 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 = 1520.53 \text{ mm}^2 = 15.2 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (588 - 2 \times 20) \times 12 \times 2 = 13152 \text{ mm}^2 = 131.52 \text{ cm}^2$$

$$h = 750 \text{ mm} = 75 \text{ cm}$$

$$Mn_x = 2500 \times 4320.4 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{75}{2} - \frac{131.52 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 75} \right) 131.52 \times 2500 \right)$$

$$Mn_x = 13809271.47 \text{ kgcm} = 138092.71 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_x = 0.9 \times 138092.71 = 124283.44 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} < \phi Mn_x = 113708.55 < 124283.44 \text{ kgm}$$

$$Mn_y = 2500 \times 4419.5 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{75}{2} - \frac{131.52 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 75} \right) 131.52 \times 2500 \right)$$

$$Mn_y = 14057021.47 \text{ kgcm} = 140570.21 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_y = 0.9 \times 140570.21 = 126513.19 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} < \phi Mn_y = 91554.99 < 126513.19 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Persamaan Interaksi

$$P_r = P_u = 4874931.51 \text{ N}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 17453353.28 \text{ N}$$

$$M_r = M_u$$

$$M_c = \phi Mn$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{4874931.51}{17453353.28} = 0.279 > 0.2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right)$$

SNI 1729:2015 Pasal H1.1

$$\begin{aligned} & \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \\ &= \frac{4874931.51}{2 \times 17453353.28} + \left( \frac{113708.55}{1124283.44} + \frac{91554.99}{126513.19} \right) = 0.96 \leq 1 \end{aligned}$$



## 5.5 Perencanaan Kolom K2

Kolom direncanakan menggunakan profil K 298×149×5.5×8, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{array}{llll} W = 64 \text{ kg/m} & t_f = 8 \text{ mm} & i_y = 9.28 \text{ cm} & Z_y = 462.9 \text{ cm}^3 \\ A = 81.6 \text{ cm}^2 & t_w = 5.5 \text{ mm} & I_x = 6762 \text{ cm}^4 & \\ H = 298 \text{ mm} & r = 13 \text{ mm} & I_y = 7024 \text{ cm}^4 & \\ B = 149 \text{ mm} & i_x = 9.1 \text{ cm} & Z_x = 453.8 \text{ cm}^3 & \end{array}$$

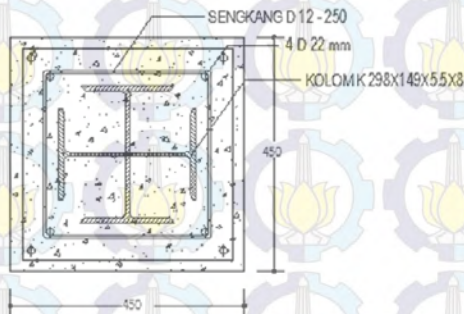
$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama : } 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang : } 12 \text{ mm}$$



Gambar 5.6 Penampang Kolom Komposit

Kontrol luas penampang minimum profil baja :

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} = \frac{81.6}{45 \times 45} = 0.04 > \rho_{sr \min} = 0.004$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(3)

Kontrol jarak sengkang = 250 mm < 406 mm

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(2)

Kontrol mutu beton = 21 MPa < 30 MPa < 70 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

Kontrol mutu tulangan = 250 MPa < 525 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

### a. Kontrol Kekuatan Tekan

Dari hasil SAP2000 diperoleh gaya dalam maksimum pada kolom frame xx sebagai berikut :

$$Pu = 242607.34 \text{ kg} = 2379165.27 \text{ N}$$

$$Mux = 6021.53 \text{ kgm}$$

$$Muy = 4204.65 \text{ kgm}$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_{no} = 250 \times 81.6 \times 10^2 + 250 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 + 0.85 \times 30 \times 450^2$$

$$= 7298783.18 \text{ N}$$

$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 = \pi^2 (E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c) / (K \times L)^2$$

$$C_l = 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3 = 0.1 + 2 \left( \frac{81.6}{45 \times 45 + 81.6} \right) = 0.18$$

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} = 0.043 (2400^{1.5}) \sqrt{30} = 27691.47 \text{ MPa}$$

$$E_s I_s = 2 \times 10^5 \times 6762 \times 10^4 = 1.35 \times 10^{13}$$

$$0.5 E_s I_{sr} = 0.5 \times 2 \times 10^5 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \times ((450 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22) / 2)^2$$

$$= 9.98 \times 10^{11}$$

$$C_1 E_c I_c = 0.18 \times 27691.47 \times 450^2 \times (\frac{1}{2} \times 450)^2 = 5.11 \times 10^{13}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 5000)^2 = 2.5 \times 10^7$$

$$P_e = \pi^2 (1.35 \times 10^{13} + 9.98 \times 10^{11} + 5.11 \times 10^{13}) / 2.5 \times 10^7$$

$$= 8243287.79 \text{ N}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{7298783.18}{8243287.79} = 0.89 \leq 2.25 \rightarrow P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_n = 7298783.18 \left[ 0.658^{0.89} \right] = 5038529.25 \text{ N}$$



SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$\phi_c P_n = 0.75 \times 5038529.25 = 3778896.94 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_u < \phi_c P_n = 2379165.27 < 3778896.94 \text{ N}$$

### b. Kontrol Kekuatan Lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smith (1996) :

$$Mn_c = F_y Z - \frac{1}{3} \left( 5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} - \left( \frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1.7 f_c' h} \right) A_w F_y \right)$$

$$C_r = 40 + 12 + (22/2) = 63 \text{ mm} = 6.3 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 4 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 = 1520.53 \text{ mm}^2 = 15.2 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (298 - 2 \times 20) \times 12 \times 2 = 6192 \text{ mm}^2 = 61.92 \text{ cm}^2$$

$$h = 450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$$

$$Mn_x = 2500 \times 453.8 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{45}{2} - \frac{61.92 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 45} \right) 61.92 \times 2500 \right)$$

$$Mn_x = 1787854.61 \text{ kgcm} = 17878.55 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_x = 0.9 \times 17878.55 = 16090.69 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} < \phi Mn_x = 6021.53 < 16090.69 \text{ kgm}$$

$$Mn_y = 2500 \times 462.9 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{45}{2} - \frac{61.92 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 45} \right) 61.92 \times 2500 \right)$$

$$Mn_y = 1810604.61 \text{ kgcm} = 18106.05 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_y = 0.9 \times 18106.05 = 16295.44 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} < \phi Mn_y = 4204.65 < 16295.44 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Persamaan Interaksi

$$P_r = P_u = 2379165.27 \text{ N}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 3778896.94 \text{ N}$$

$$M_r = M_u$$

$$M_c = \phi Mn$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{237916527}{377889694} = 0.63 > 0.2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right)$$

SNI 1729:2015 Pasal H1.1

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) = \frac{2379165.27}{2 \times 3778896.94} + \left( \frac{6021.53}{16090.69} + \frac{4204.65}{16295.44} \right) = 0.95 \leq 1$$

## 5.6 Perencanaan Kolom K3

Kolom direncanakan menggunakan profil K 396×199×7×11, dengan data sebagai berikut:

W = 113.2 kg/m  $t_f = 7$  mm

A = 144.32 cm<sup>2</sup>  $t_w = 11$  mm

H = 396 mm  $r = 16$  mm

B = 199 mm  $i_x = 12.19$  cm

$i_y = 12.19$  cm  $Z_y = 1105.1$  cm<sup>3</sup>

$I_x = 21450$  cm<sup>4</sup>

$I_y = 22267$  m<sup>4</sup>

$Z_x = 1083.3$  cm<sup>3</sup>

BJ 41 :  $f_y = 2500$  kg/cm<sup>2</sup>

$f_u = 4100$  kg/cm<sup>2</sup>

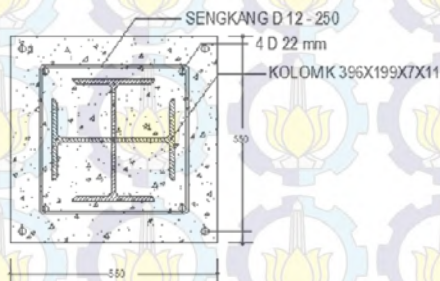
$f_r = 700$  kg/cm<sup>2</sup>

Beton :  $f_c' = 300$  kg/cm<sup>2</sup>

tebal = 11 cm

Diameter tulangan utama : 22 mm

Diameter sengkang : 12 mm



Gambar 5.7 Penampang Kolom Komposit

Kontrol luas penampang minimum profil baja :

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} = \frac{144.32}{4 \times 55 \times 55} = 0.05 > \rho_{sr \min} = 0.004$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(3)



Kontrol jarak sengkang = 250 mm < 406 mm

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(2)

Kontrol mutu beton = 21 MPa < 30 MPa < 70 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

Kontrol mutu tulangan = 250 MPa < 525 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

#### a. Kontrol Kekuatan Tekan

Dari hasil SAP2000 diperoleh gaya dalam maksimum pada kolom frame xx sebagai berikut :

$$Pu = 242607.34 \text{ kg} = 2379165.27 \text{ N}$$

$$Mux = 9021.53 \text{ kgm}$$

$$Muy = 8204.65 \text{ kgm}$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_{no} = 250 \times 81.6 \times 10^2 + 250 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 + 0.85 \times 30 \times 450^2$$

$$= 7298783.18 \text{ N}$$

$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 = \pi^2 (E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c) / (K \times L)^2$$

$$C_1 = 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3 = 0.1 + 2 \left( \frac{81.6}{45 \times 45 + 81.6} \right) = 0.18$$

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} = 0.043 (2400^{1.5}) \sqrt{30} = 27691.47 \text{ MPa}$$

$$E_s I_s = 2 \times 10^5 \times 6762 \times 10^4 = 1.35 \times 10^{13}$$

$$0.5 E_s I_{sr} = 0.5 \times 2 \times 10^5 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \times ((450 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22) / 2)^2$$

$$= 9.98 \times 10^{11}$$

$$C_1 E_c I_c = 0.18 \times 27691.47 \times 450^2 \times (\frac{1}{2} \times 450)^2 = 5.11 \times 10^{13}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 5000)^2 = 2.5 \times 10^7$$

$$P_e = \pi^2 (1.35 \times 10^{13} + 9.98 \times 10^{11} + 5.11 \times 10^{13}) / 2.5 \times 10^7$$

$$= 8243287.79 \text{ N}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{7298783.18}{8243287.79} = 0.89 \leq 2.25 \rightarrow P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_n = 7298783.18 \left[ 0.658^{0.89} \right] = 5038529.25 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$\phi_c P_n = 0.75 \times 5038529.25 = 3778896.94 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_u < \phi_c P_n = 2379165.27 < 3778896.94 \text{ N}$$

### b. Kontrol Kekuatan Lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smith (1996) :

$$Mn_c = F_y Z - \frac{1}{3} \left( 5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} - \left( \frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1.7 f_c h} \right) A_w F_y \right)$$

$$C_r = 40 + 12 + (22/2) = 63 \text{ mm} = 6.3 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 4 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 = 1520.53 \text{ mm}^2 = 15.2 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (298 - 2 \times 20) \times 12 \times 2 = 6192 \text{ mm}^2 = 61.92 \text{ cm}^2$$

$$h = 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm}$$

$$Mn_x = 2500 \times 453.8 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{45}{2} - \frac{61.92 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 45} \right) 61.92 \times 2500 \right)$$

$$Mn_x = 1787854.61 \text{ kgcm} = 17878.55 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_x = 0.9 \times 17878.55 = 16090.69 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} < \phi Mn_x = 9021.53 < 16090.69 \text{ kgm}$$

$$Mn_y = 2500 \times 462.9 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{45}{2} - \frac{61.92 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 45} \right) 61.92 \times 2500 \right)$$

$$Mn_y = 1810604.61 \text{ kgcm} = 18106.05 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_y = 0.9 \times 18106.05 = 16295.44 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} < \phi Mn_y = 8204.65 < 16295.44 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Persamaan Interaksi

$$P_r = P_u = 2379165.27 \text{ N}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 3778896.94 \text{ N}$$



$$M_r = M_u$$

$$M_c = \phi M_n$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{237916527}{377889694} = 0.63 > 0.2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right)$$

SNI 1729:2015 Pasal H1.1

$$\begin{aligned} & \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \\ &= \frac{2379165.27}{2 \times 3778896.94} + \left( \frac{9021.53}{16090.69} + \frac{8204.65}{16295.44} \right) = 0.97 \leq 1 \end{aligned}$$

## 5.7 Perencanaan Kolom K4

Kolom direncanakan menggunakan profil  
K 500×200×10×16, dengan data sebagai berikut:

$$W = 179.2 \text{ kg/m} \quad t_f = 10 \text{ mm}$$

$$i_y = 9.28 \text{ cm} \quad Z_y = 462.9 \text{ cm}^3$$

$$A = 228.4 \text{ cm}^2 \quad t_w = 16 \text{ mm}$$

$$I_x = 6762 \text{ cm}^4$$

$$H = 500 \text{ mm} \quad r = 20 \text{ mm}$$

$$I_y = 7024 \text{ cm}^4$$

$$B = 199 \text{ mm} \quad i_x = 9.1 \text{ cm}$$

$$Z_x = 453.8 \text{ cm}^3$$

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

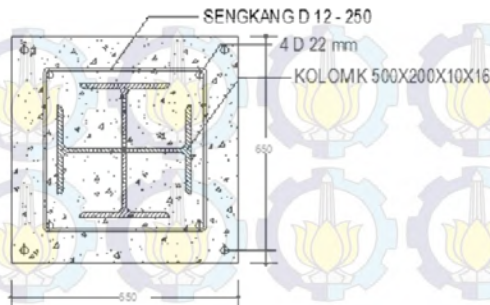
$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama : 22 mm}$$

$$\text{Diameter sengkang : 12 mm}$$



Gambar 5.8 Penampang Kolom Komposit

Kontrol luas penampang minimum profil baja :

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} = \frac{228.4}{65 \times 65} = 0.04 > \rho_{sr \text{ min}} = 0.004$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(3)

Kontrol jarak sengkang = 250 mm < 406 mm

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a(2)

Kontrol mutu beton = 21 MPa < 30 MPa < 70 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

Kontrol mutu tulangan = 250 MPa < 525 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3

#### a. Kontrol Kekuatan Tekan

Dari hasil SAP2000 diperoleh gaya dalam maksimum pada kolom sebagai berikut :

$$P_u = 242607.34 \text{ kg} = 2379165.27 \text{ N}$$

$$M_{ux} = 10021.53 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 9204.65 \text{ kgm}$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$\begin{aligned} P_{no} &= 250 \times 81.6 \times 10^2 + 250 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 + 0.85 \times 30 \times 450^2 \\ &= 7298783.18 \text{ N} \end{aligned}$$



$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 = \pi^2 (E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c) / (K \times L)^2$$

$$C_1 = 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3 = 0.1 + 2 \left( \frac{81.6}{45 \times 45 + 81.6} \right) = 0.18$$

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} = 0.043 (2400^{1.5}) \sqrt{30} = 27691.47 \text{ MPa}$$

$$E_s I_s = 2 \times 10^5 \times 6762 \times 10^4 = 1.35 \times 10^{13}$$

$$0.5 E_s I_{sr} = 0.5 \times 2 \times 10^5 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \times ((450 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22) / 2)^2 = 9.98 \times 10^{11}$$

$$C_1 E_c I_c = 0.18 \times 27691.47 \times 450^2 \times (\frac{1}{2} \times 450)^2 = 5.11 \times 10^{13}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 5000)^2 = 2.5 \times 10^7$$

$$P_e = \pi^2 (1.35 \times 10^{13} + 9.98 \times 10^{11} + 5.11 \times 10^{13}) / 2.5 \times 10^7 = 8243287.79 \text{ N}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{7298783.18}{8243287.79} = 0.89 \leq 2.25 \rightarrow P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_n = 7298783.18 [0.658^{0.89}] = 5038529.25 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$\phi_c P_n = 0.75 \times 5038529.25 = 3778896.94 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_u < \phi_c P_n = 2379165.27 < 3778896.94 \text{ N}$$

## b. Kontrol Kekuatan Lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smith (1996) :

$$Mn_c = F_y Z - \frac{1}{3} \left( 5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} - \left( \frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1.7 f'_c h} \right) A_w F_y \right)$$

$$C_r = 40 + 12 + (22/2) = 63 \text{ mm} = 6.3 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 4 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 = 1520.53 \text{ mm}^2 = 15.2 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (298 - 2 \times 20) \times 12 \times 2 = 6192 \text{ mm}^2 = 61.92 \text{ cm}^2$$

$$h = 650 \text{ mm} = 65 \text{ cm}$$

$$Mn_x = 2500 \times 453.8 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{45}{2} - \frac{61.92 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 45} \right) 61.92 \times 2500 \right)$$

$$Mn_x = 1787854.61 \text{ kgcm} = 17878.55 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_x = 0.9 \times 17878.55 = 16090.69 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} < \phi Mn_x = 10021.53 < 16090.69 \text{ kgm}$$

$$Mn_y = 2500 \times 462.9 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6.3 \times 15.2 \times 2500 + \left( \frac{45}{2} - \frac{61.92 \times 2500}{1.7 \times 300 \times 45} \right) 61.92 \times 2500 \right)$$

$$Mn_y = 1810604.61 \text{ kgcm} = 18106.05 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_y = 0.9 \times 18106.05 = 16295.44 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} < \phi Mn_y = 9204.65 < 16295.44 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Persamaan Interaksi

$$P_r = P_u = 2379165.27 \text{ N}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 3778896.94 \text{ N}$$

$$M_r = M_u$$

$$M_c = \phi Mn$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{2379165.27}{3778896.94} = 0.63 > 0.2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right)$$

SNI 1729:2015 Pasal H1.1

$$\begin{aligned} & \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \\ &= \frac{2379165.27}{2 \times 3778896.94} + \left( \frac{10021.53}{16090.69} + \frac{9204.65}{16295.44} \right) = 0.98 \leq 1 \end{aligned}$$



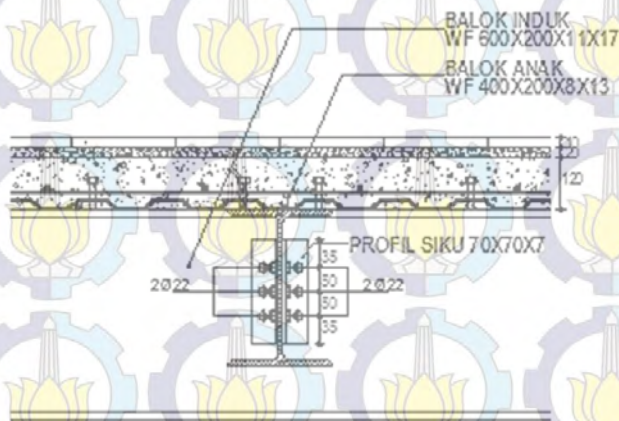
## BAB VI

### PERENCANAAN SAMBUNGAN

#### 6.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok anak dengan balok induk direncanakan sebagai *simple connection* karena balok anak diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana. Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

Balok anak	= WF 400×200×8×13
Balok induk	= WF 600×200×11×17
$V_u$	= 29879.22 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Mutu baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Pelat penyambung	= L70×70×7
Mutu Pelat	= BJ 50



Gambar 6.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

**a. Sambungan pada badan balok anak**

- Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

- Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 28 \times 8 \times 500 = 134400 \text{ N} = 13704.99 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 10278.74 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{29879.22}{10278.74} = 2.91 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$$

**b. Sambungan pada badan balok induk**

- Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

- Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18844.36 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 14133.27 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{29879.22}{14133.27} = 2.11 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$$

**c. Kekuatan pelat siku**

$$\text{Diameter perlemahan } d_1 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= F_u A_e = 500 \times (170 \times 7 - 3 \times 24 \times 7) \times U \\ &= 500 \times (170 \times 7 - 3 \times 24 \times 7) \times 0.6 = 205800 \text{ N} = 20985.76 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2\phi Rn = 2 \times 0.75 Rn = 31478.64 \text{ kg}$$



## 6.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

### 6.2.1 Sambungan balok Induk dengan Kolom Lantai 1-7

Sambungan balok ke kolom direncanakan sebagai sambungan kaku dimana memikul beban geser  $P_u$  dan beban momen  $M_u$ . Sambungan ini merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa tetapi memiliki kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya sama dengan :

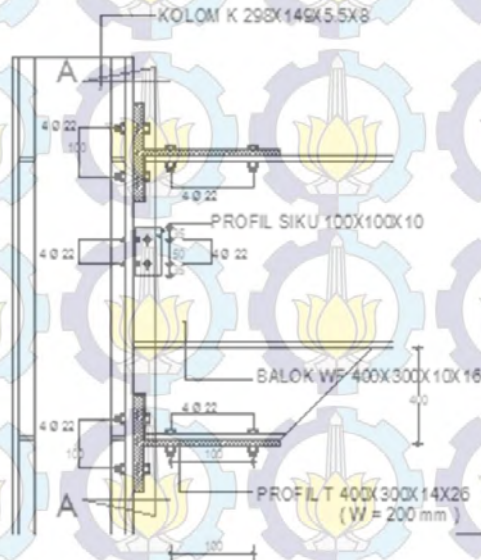
$$M_p = Z_x \times F_y = 2590 \times 2500 = 5475000 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 1.1 R_y M_p = 1.1 \times 1.5 \times 5475000 \\ = 10683750 \text{ kgcm} = 106837.5 \text{ kNm}$$

Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

Kolom	= K 588×300×12×20
Balok induk	= WF 600×200×11×17
$V_u$ akibat kombinasi 1.2D+0.5L	= 29885.41 kg
$V_u$ akibat $M_u$	= 25138.24 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Profil penyambung	= L100×100×10
Mutu Pelat	= BJ 50

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan 1.2D + 0.5L ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$ .



Gambar 6.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

**a. Akibat beban geser  $P_u$**

• **Sambungan pada badan balok induk**

Kuat Geser

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18844.36 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 14133.27 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{29885.41 + 25138.24}{14133.27}$$

$$= 3.89 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$$



- **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 12 \times 500 = 561600 \text{ N} = 57267.26 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 42950.45 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut } n &= \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{29885.41 + 25138.24}{18024.68} \\ &= 3.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

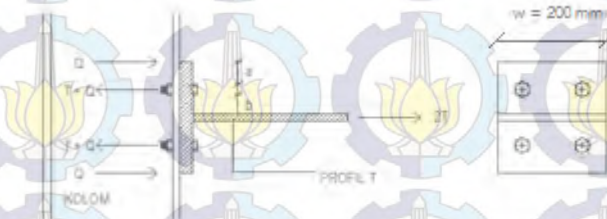
$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

- **Kontrol kekuatan pelat siku**

Diameter perlemahan  $d_1 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} R_n &= F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U \\ &= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg} \\ 2\phi R_n &= 2 \times 0.75 R_n = 56900.16 \text{ kg} \end{aligned}$$

**b. Akibat beban  $M_u$**



Gambar 6.3

Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom

• **Sambungan pada sayap profil T – kolom**

$$\text{Gaya tarik akibat momen } T = \frac{M_u}{2d_{\text{balok}}} = \frac{106837.5}{2 \times 0.6} = 89031.25 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut :

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat tarik tersedia bila digunakan 2 baut dalam 1 baris B :

$$B = 2\phi R_n = 36049.36 \text{ kg} < T = 89031.25 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tambahan profil T untuk menambah lengan kopel}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan kopel minimum} &= \frac{M_u}{2B} = \frac{106837.5}{2 \times 36049.36} \\ &= 148.18 \text{ cm} \approx 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

sehingga diperlukan lengan tambahan =  $150 - 60 = 90 \text{ cm}$

Gaya tarik setelah tambahan lengan kopel

$$T = \frac{M_u}{2d_{\text{kopel}}} = \frac{106837.5}{2 \times 1.5} = 35612.5 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400×300×14×26 maka :

$$c = r + 0.5t_w = 22 + 0.5 \times 14 = 29 \text{ mm}$$

$$a + b = 0.5b_f - c = 0.5 \times 400 - 29 = 171$$

$$b = 80 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 91 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struk :  $a \leq 1.25b$

$$a' = a + 0.5d_b = 91 + 0.5 \times 22 = 102 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0.5d_b = 80 - 0.5 \times 22 = 69 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( \frac{w - \sum d_{\text{perlemahan}}}{w} \right) = \left( \frac{200 - 2 \times 24}{200} \right) = 0.76$$



$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{36049.39}{35612.5} - 1 \right) \left( \frac{102}{69} \right) = 0.018$$

$\beta < 1$ , maka

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \leq 1 \rightarrow \alpha = \frac{1}{0.76} \left( \frac{0.018}{1 - 0.018} \right) = 0.024$$

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 - \alpha \delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 35612.5 \left( \frac{0.024 \times 0.76}{1 - 0.024 \times 0.76} \right) \left( \frac{69}{102} \right) = 447.58 \text{ kg}$$

Gaya pada baut :  $T + Q \leq B \rightarrow 36030.08 \text{ kg} < 36049.39 \text{ kg}$

Momen pada sayap profil T  $M_{psayap}$

$$= \frac{Tb'}{1 + \alpha \delta} = \frac{35612.5 \times 69}{1 + 0.024 \times 0.76} = 2413.24 \text{ kgm}$$

Tebal sayap profil T perlu

$$t_f = \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi w f_y (1 + \alpha \delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 35612.5 \times 69}{0.9 \times 20 \times 4100 \times (1 + 0.024 \times 0.76)}} = 11.44 \text{ cm}$$

• **Sambungan pada badan profil T dengan sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 26 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{2T}{\phi R_n} = \frac{2 \times 35612.5}{18024.68} = 3.95 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$n \phi R_n = 4 R_n = 72098.72 \text{ kg}$$

Badan T sebagai batang tarik :

Diameter perlemahan  $d_l = 22 + 2 = 24$  mm

Kuat Leleh

$$P_n = F_y A_g = 250 \times 200 \times 14 = 700000 \text{ N} = 71380.13 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 64242.12 \text{ kg}$$

Kuat Putus

$$P_n = F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U$$

$$= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 34140.09 \text{ kg}$$

## 6.2.2 Sambungan balok Induk dengan Kolom Lantai 8-14

Sambungan balok ke kolom direncanakan sebagai sambungan kaku dimana memikul beban geser  $P_u$  dan beban momen  $M_u$ . Sambungan ini merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa tetapi memiliki kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya sama dengan :

$$M_p = Z_x \times F_y = 2590 \times 2500 = 5475000 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 1.1 R_y M_p = 1.1 \times 1.5 \times 5475000$$

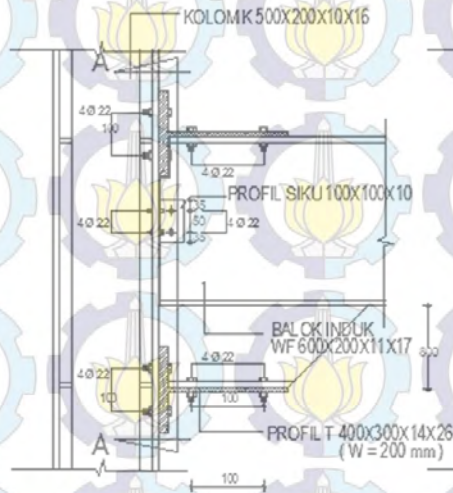
$$= 10683750 \text{ kgcm} = 106837.5 \text{ kgm}$$

Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

Kolom	= K 500×200×10×16
Balok induk	= WF 600×200×11×17
$V_u$ akibat kombinasi 1.2D+0.5L	= 27885.41 kg
$V_u$ akibat $M_u$	= 25138.24 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Profil penyambung	= L100×100×10
Mutu Pelat	= BJ 50



Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1.2D + 0.5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$ .



Gambar 6.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

**a. Akibat beban geser  $P_u$**

• **Sambungan pada badan balok induk**

Kuat Geser

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18844.36 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 14133.27 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut } n &= \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{27885.41 + 25138.24}{14133.27} \\ &= 3.89 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$$

- **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 12 \times 500 = 561600 \text{ N} = 57267.26 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 42950.45 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut } n &= \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{27885.41 + 25138.24}{18024.68} \\ &= 3.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

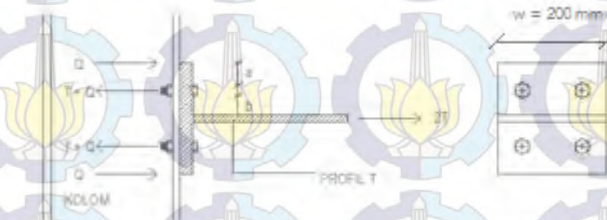
$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

- **Kontrol kekuatan pelat siku**

Diameter perlemahan  $d_1 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} R_n &= F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U \\ &= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg} \\ 2\phi R_n &= 2 \times 0.75 R_n = 56900.16 \text{ kg} \end{aligned}$$

**b. Akibat beban  $M_u$**



Gambar 6.5

Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom



• **Sambungan pada sayap profil T – kolom**

$$\text{Gaya tarik akibat momen } T = \frac{M_u}{2d_{balok}} = \frac{106837.5}{2 \times 0.6} = 89031.25 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut :

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat tarik tersedia bila digunakan 2 baut dalam 1 baris B :

$$B = 2\phi R_n = 36049.36 \text{ kg} < T = 89031.25 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tambahan profil T untuk menambah lengan kopel}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan kopel minimum} &= \frac{M_u}{2B} = \frac{106837.5}{2 \times 36049.36} \\ &= 148.18 \text{ cm} \approx 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

sehingga diperlukan lengan tambahan =  $150 - 60 = 90 \text{ cm}$

Gaya tarik setelah tambahan lengan kopel

$$T = \frac{M_u}{2d_{kopel}} = \frac{106837.5}{2 \times 1.5} = 35612.5 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400×300×14×26 maka :

$$c = r + 0.5t_w = 22 + 0.5 \times 14 = 29 \text{ mm}$$

$$a + b = 0.5b_f - c = 0.5 \times 400 - 29 = 171$$

$$b = 80 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 91 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struk :  $a \leq 1.25b$

$$a' = a + 0.5d_b = 91 + 0.5 \times 22 = 102 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0.5d_b = 80 - 0.5 \times 22 = 69 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( \frac{w - \sum d_{\text{perlemahan}}}{w} \right) = \left( \frac{200 - 2 \times 24}{200} \right) = 0.76$$

$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{36049.39}{35612.5} - 1 \right) \left( \frac{102}{69} \right) = 0.018$$

$\beta < 1$ , maka

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \leq 1 \rightarrow \alpha = \frac{1}{0.76} \left( \frac{0.018}{1 - 0.018} \right) = 0.024$$

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 - \alpha \delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 35612.5 \left( \frac{0.024 \times 0.76}{1 - 0.024 \times 0.76} \right) \left( \frac{69}{102} \right) = 447.58 \text{ kg}$$

Gaya pada baut :  $T + Q \leq B \rightarrow 36030.08 \text{ kg} < 36049.39 \text{ kg}$

Momen pada sayap profil T  $M_{p_{sayap}}$

$$= \frac{Tb'}{1 + \alpha \delta} = \frac{35612.5 \times 69}{1 + 0.024 \times 0.76} = 2413.24 \text{ kgm}$$

Tebal sayap profil T perlu

$$t_f = \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi w f_y (1 + \alpha \delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 35612.5 \times 69}{0.9 \times 20 \times 4100 \times (1 + 0.024 \times 0.76)}} = 11.44 \text{ cm}$$

### • Sambungan pada badan profil T dengan sayap kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 26 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{2T}{\phi R_n} = \frac{2 \times 35612.5}{18024.68} = 3.95 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$n \phi R_n = 4 R_n = 72098.72 \text{ kg}$$



Badan T sebagai batang tarik :

Diameter perlemahan  $d_l = 22 + 2 = 24$  mm

Kuat Leleh

$$P_n = F_y A_g = 250 \times 200 \times 14 = 700000 \text{ N} = 71380.13 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 64242.12 \text{ kg}$$

Kuat Putus

$$P_n = F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U$$

$$= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 34140.09 \text{ kg}$$

### 6.2.3 Sambungan balok Induk dengan Kolom Lantai 15-21

Sambungan balok ke kolom direncanakan sebagai sambungan kaku dimana memikul beban geser  $P_u$  dan beban momen  $M_u$ . Sambungan ini merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa tetapi memiliki kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya sama dengan :

$$M_p = Z_x \times F_y = 2590 \times 2500 = 5475000 \text{ kgcm}$$

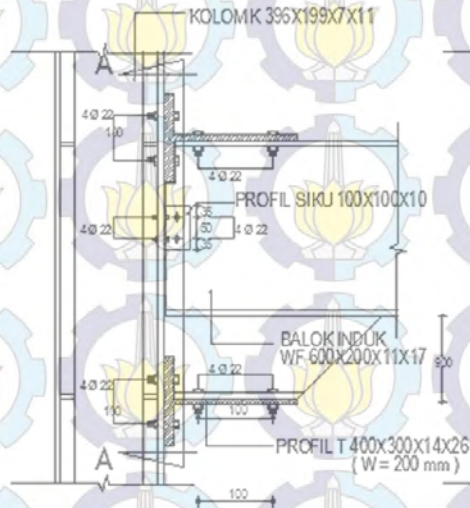
$$M_u = 1.1 R_y M_p = 1.1 \times 1.5 \times 5475000$$

$$= 10683750 \text{ kgcm} = 106837.5 \text{ kgm}$$

Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

Kolom	= K 396×199×7×11
Balok induk	= WF 600×200×11×17
$V_u$ akibat kombinasi 1.2D+0.5L	= 22885.41 kg
$V_u$ akibat $M_u$	= 25138.24 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Profil penyambung	= L100×100×10
Mutu Pelat	= BJ 50

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1.2D + 0.5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$ .



Gambar 6.6 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

a. Akibat beban geser  $P_u$

- **Sambungan pada badan balok induk**

## Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\varnothing R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

## Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2I_c t F_u = 1.2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18844.36 \text{ kg}$$

$$\varnothing Rn = 0.75 R_n = 14133.27 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{22885.41 + 25138.24}{14133.27} = 3.89 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_l = 35 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2\frac{2}{3} \times d = 2\frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$



- **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 12 \times 500 = 561600 \text{ N} = 57267.26 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 42950.45 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut } n &= \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{22885.41 + 25138.24}{18024.68} \\ &= 3.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

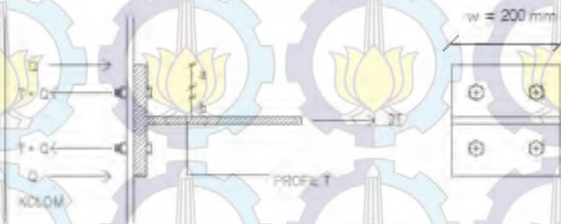
- **Kontrol kekuatan pelat siku**

Diameter perlemahan  $d_1 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} R_n &= F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U \\ &= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2\phi R_n = 2 \times 0.75 R_n = 56900.16 \text{ kg}$$

**b. Akibat beban  $M_u$**



Gambar 6.7

Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom

• **Sambungan pada sayap profil T – kolom**

$$\text{Gaya tarik akibat momen } T = \frac{M_u}{2d_{\text{balok}}} = \frac{106837.5}{2 \times 0.6} = 89031.25 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut :

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat tarik tersedia bila digunakan 2 baut dalam 1 baris B :

$$B = 2\phi R_n = 36049.36 \text{ kg} < T = 89031.25 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tambahan profil T untuk menambah lengan kopel}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan kopel minimum} &= \frac{M_u}{2B} = \frac{106837.5}{2 \times 36049.36} \\ &= 148.18 \text{ cm} \approx 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

sehingga diperlukan lengan tambahan =  $150 - 60 = 90 \text{ cm}$

Gaya tarik setelah tambahan lengan kopel

$$T = \frac{M_u}{2d_{\text{kopel}}} = \frac{106837.5}{2 \times 1.5} = 35612.5 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400×300×14×26 maka :

$$c = r + 0.5t_w = 22 + 0.5 \times 14 = 29 \text{ mm}$$

$$a + b = 0.5b_f - c = 0.5 \times 400 - 29 = 171$$

$$b = 80 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 91 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struk :  $a \leq 1.25b$

$$a' = a + 0.5d_b = 91 + 0.5 \times 22 = 102 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0.5d_b = 80 - 0.5 \times 22 = 69 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( \frac{w - \sum d_{\text{perlemahan}}}{w} \right) = \left( \frac{200 - 2 \times 24}{200} \right) = 0.76$$



$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{36049.39}{35612.5} - 1 \right) \left( \frac{102}{69} \right) = 0.018$$

$\beta < 1$ , maka

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \leq 1 \rightarrow \alpha = \frac{1}{0.76} \left( \frac{0.018}{1 - 0.018} \right) = 0.024$$

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 - \alpha \delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 35612.5 \left( \frac{0.024 \times 0.76}{1 - 0.024 \times 0.76} \right) \left( \frac{69}{102} \right) = 447.58 \text{ kg}$$

Gaya pada baut :  $T + Q \leq B \rightarrow 36030.08 \text{ kg} < 36049.39 \text{ kg}$

Momen pada sayap profil T  $M_{p_{sayap}}$

$$= \frac{Tb'}{1 + \alpha \delta} = \frac{35612.5 \times 69}{1 + 0.024 \times 0.76} = 2413.24 \text{ kgm}$$

Tebal sayap profil T perlu

$$t_f = \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi w f_y (1 + \alpha \delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 35612.5 \times 69}{0.9 \times 20 \times 4100 \times (1 + 0.024 \times 0.76)}} = 11.44 \text{ cm}$$

• **Sambungan pada badan profil T dengan sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 26 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{2T}{\phi R_n} = \frac{2 \times 35612.5}{18024.68} = 3.95 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$n \phi R_n = 4 R_n = 72098.72 \text{ kg}$$

Badan T sebagai batang tarik :

Diameter perlemahan  $d_l = 22 + 2 = 24$  mm

Kuat Leleh

$$P_n = F_y A_g = 250 \times 200 \times 14 = 700000 \text{ N} = 71380.13 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 64242.12 \text{ kg}$$

Kuat Putus

$$P_n = F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U$$

$$= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 34140.09 \text{ kg}$$

#### 6.2.4 Sambungan balok Induk dengan Kolom Lantai 22-30

Sambungan balok ke kolom direncanakan sebagai sambungan kaku dimana memikul beban geser  $P_u$  dan beban momen  $M_u$ . Sambungan ini merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa tetapi memiliki kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya sama dengan :

$$M_p = Z_x \times F_y = 2590 \times 2500 = 5475000 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 1.1 R_y M_p = 1.1 \times 1.5 \times 5475000$$

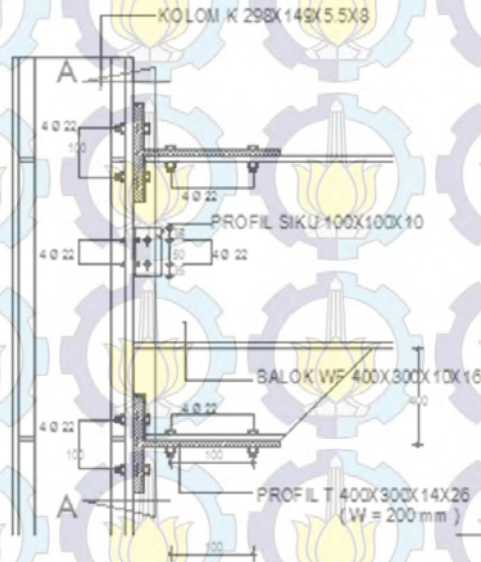
$$= 10683750 \text{ kgcm} = 106837.5 \text{ kgm}$$

Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

Kolom	= K 298×149×5.5×8
Balok induk	= WF 600×200×11×17
$V_u$ akibat kombinasi 1.2D+0.5L	= 19885.41 kg
$V_u$ akibat $M_u$	= 25138.24 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Profil penyambung	= L100×100×10
Mutu Pelat	= BJ 50



Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1.2D + 0.5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$ .



Gambar 6.8 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

**a. Akibat beban geser  $P_u$**

• **Sambungan pada badan balok induk**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18844.36 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 14133.27 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut } n &= \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{19885.41 + 25138.24}{14133.27} \\ &= 3.89 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$

• **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 12 \times 500 = 561600 \text{ N} = 57267.26 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 42950.45 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{19885.41 + 25138.24}{18024.68} \\ = 3.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$

• **Kontrol kekuatan pelat siku**

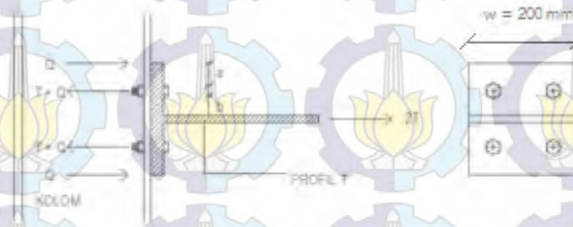
Diameter perlemahan  $d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$

$$Rn = F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U \\ = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg}$$

$$2\phi Rn = 2 \times 0.75 Rn = 56900.16 \text{ kg}$$



### b. Akibat beban $M_u$



Gambar 6.9 Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom

#### • Sambungan pada sayap profil T – kolom

$$\text{Gaya tarik akibat momen } T = \frac{M_u}{2d_{\text{balok}}} = \frac{106837.5}{2 \times 0.6} = 89031.25 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut :

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat tarik tersedia bila digunakan 2 baut dalam 1 baris  $B$  :

$$B = 2\phi R_n = 36049.36 \text{ kg} < T = 89031.25 \text{ kg} \rightarrow \text{perlu tambahan}$$

profil T untuk menambah lengan kopel

$$\begin{aligned} \text{Lengan kopel minimum} &= \frac{M_u}{2B} = \frac{106837.5}{2 \times 36049.36} \\ &= 148.18 \text{ cm} \approx 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

sehingga diperlukan lengan tambahan =  $150 - 60 = 90 \text{ cm}$

Gaya tarik setelah tambahan lengan kopel

$$T = \frac{M_u}{2d_{\text{kopel}}} = \frac{106837.5}{2 \times 1.5} = 35612.5 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T  $400 \times 300 \times 14 \times 26$  maka :

$$c = r + 0.5t_w = 22 + 0.5 \times 14 = 29 \text{ mm}$$

$$a + b = 0.5b_f - c = 0.5 \times 400 - 29 = 171$$

$$b = 80 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 91 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struk :  $a \leq 1.25b$

$$a' = a + 0.5d_b = 91 + 0.5 \times 22 = 102 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0.5d_b = 80 - 0.5 \times 22 = 69 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( \frac{w - \sum d_{\text{perlemahan}}}{w} \right) = \left( \frac{200 - 2 \times 24}{200} \right) = 0.76$$

$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{36049.39}{35612.5} - 1 \right) \left( \frac{102}{69} \right) = 0.018$$

$\beta < 1$ , maka

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \leq 1 \rightarrow \alpha = \frac{1}{0.76} \left( \frac{0.018}{1 - 0.018} \right) = 0.024$$

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 - \alpha \delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 35612.5 \left( \frac{0.024 \times 0.76}{1 - 0.024 \times 0.76} \right) \left( \frac{69}{102} \right) = 447.58 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya pada baut : } T + Q \leq B \rightarrow 36030.08 \text{ kg} < 36049.39 \text{ kg}$$

Momen pada sayap profil T  $M_{p_{\text{sayap}}}$

$$= \frac{Tb'}{1 + \alpha \delta} = \frac{35612.5 \times 69}{1 + 0.024 \times 0.76} = 2413.24 \text{ kgm}$$

Tebal sayap profil T perlu

$$t_f = \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi w f_y (1 + \alpha \delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 35612.5 \times 69}{0.9 \times 20 \times 4100 \times (1 + 0.024 \times 0.76)}} = 11.44 \text{ cm}$$



• **Sambungan pada badan profil T dengan sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 26 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{2T}{\phi R_n} = \frac{2 \times 35612.5}{18024.68} = 3.95 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$n \phi R_n = 4 R_n = 72098.72 \text{ kg}$$

Badan T sebagai batang tarik :

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

Kuat Leleh

$$P_n = F_y A_g = 250 \times 200 \times 14 = 700000 \text{ N} = 71380.13 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 64242.12 \text{ kg}$$

Kuat Putus

$$\begin{aligned} P_n &= F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U \\ &= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0.6 = 372000 \text{ N} = 37933.44 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0.90 P_n = 34140.09 \text{ kg}$$

### 6.3 Sambungan Antar Kolom

#### 6.3.1 Sambungan Antar Kolom pada Lantai 1-7

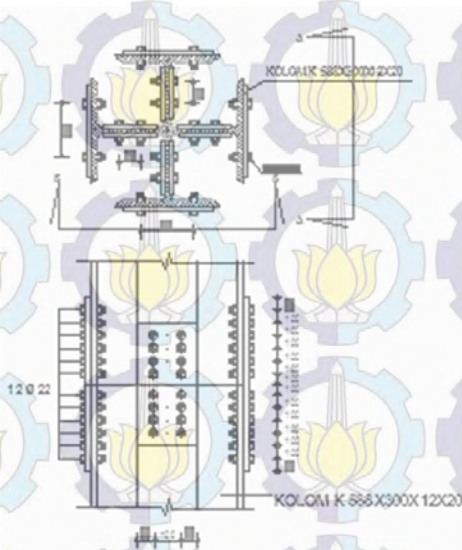
Sambungan kolom yang direncanakan pada lantai 1, berdasarkan hasil SAP2000 diperoleh gaya yang bekerja pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\text{Kolom} = K \ 588 \times 300 \times 12 \times 20$$

$$P_u = 497620.63 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 74301.78 \text{ kgm}$$

$M_{uy} = 38022.69 \text{ kgm}$   
 $V_{u_x} = 16822.63 \text{ kg}$   
 $V_{u_y} = 4583.13 \text{ kg}$   
 Diameter baut =  $\varnothing 22 \text{ mm}$   
 Tipe baut = A325 (tanpa ulir pada bidang geser)  
 Tebal pelat penyambung = 15 mm  
 Mutu Pelat = BJ 50



Gambar 6.10 Sambungan Antar Kolom

Pembagian beban aksial :

$$P_{ubadan} = \frac{A_{badan}}{A_{profil}} P_u = \frac{1.2(58.8 - 2 \times 2) \times 2}{385} 497620.63 = 169992.38 \text{ kg}$$

$$P_{usayap} = P_u - P_{ubadan} = 327628.25 \text{ kg}$$



### a. Sambungan arah x

Pembagian beban momen :

$$Mu_{\text{badan}} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} Mu_x = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 74301.78 = 10272.86 \text{ kgm}$$

$$Mu_{\text{sayap}} = Mu - Mu_{\text{badan}} = 64028.92 \text{ kgm}$$

#### • Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{\text{sayap}}}{d} = \frac{64028.92}{0.6} = 106714.87 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{\text{total}} = T + Pu_{\text{sayap}} / 4 = 188621.94 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{\text{total}}}{\phi R_n} = \frac{188621.94}{18024.68} = 10.46 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### • Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$Mu = \frac{(Mu_{\text{sayap}} + Vu_x \times e)}{2} \\ = \frac{(64028.92 + 16822.63 \times 0.2)}{2} = 33696.72 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}\text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{633696.72}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 2.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut}\end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 169992.38/4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 16822.63/4 = 4205.66 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 33696.72 \times 5/1200 = 140.40 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 33696.72 \times 15/1200 = 421.21 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga : } Ku_{total} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 4288.87 \text{ kg} < \phi Rn = 18024.68 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### b. Sambungan arah y

Pembagian beban momen :

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} Mu_y = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 38022.69 = 5256.96 \text{ kgm}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 32765.73 \text{ kgm}$$

#### • Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{32765.73}{0.6} = 54609.55 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{total} = T + Pu_{sayap} / 4 = 136516.61 \text{ kg}$$



$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{136516.61}{18024.68} = 7.57 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2\frac{2}{3} \times d = 2\frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

• **Sambungan pada badan kolom**

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{(Mu_{sayap} + Vu_y \times e)}{2} \\ &= \frac{(32765.73 + 4583.13 \times 0.2)}{2} = 16841.18 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 16841.18}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 3.42 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{v1} = 169992.38/4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 4583.13/4 = 1145.78 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{v2} = 16841.18 \times 5/1200 = 70.17 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 16841.18 \times 15/1200 = 210.51 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{total} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 4527.88 \text{ kg} < \phi Rn = 18024.68 \text{ kg} \end{aligned}$$

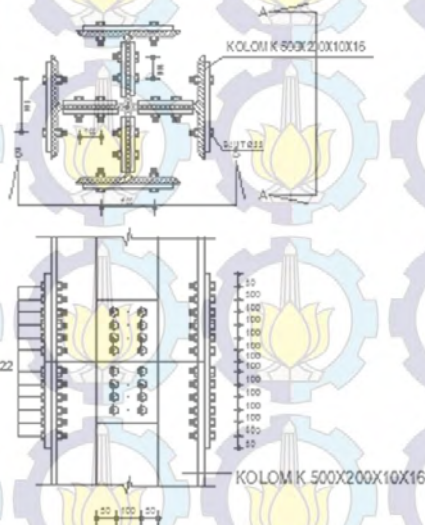
Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2\frac{2}{3} \times d = 2\frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### 6.3.2 Sambungan Antar Kolom pada Lantai 8-14

Sambungan kolom yang direncanakan pada lantai 1, berdasarkan hasil SAP2000 diperoleh gaya yang bekerja pada kolom adalah sebagai berikut :

Kolom	= K 500×200×10×16
$P_u$	= 477620.63 kg
$M_{ux}$	= 71301.78 kgm
$M_{uy}$	= 33022.69 kgm
$V_{ux}$	= 16822.63 kg
$V_{uy}$	= 4583.13 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Tebal pelat penyambung	= 15 mm
Mutu Pelat	= BJ 50



Gambar 6.11 Sambungan Antar Kolom



Pembagian beban aksial :

$$Pu_{badan} = \frac{A_{badan}}{A_{profil}} P_u = \frac{1.2(58.8 - 2 \times 2) \times 2}{385} 477620.63 = 169992.38 \text{ kg}$$

$$Pu_{sayap} = P_u - Pu_{badan} = 327628.25 \text{ kg}$$

#### a. Sambungan arah x

Pembagian beban momen :

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} Mu_x = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 71301.78 = 10272.86 \text{ kgm}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 64028.92 \text{ kgm}$$

#### • Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{64028.92}{0.6} = 106714.87 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{total} = T + Pu_{sayap} / 4 = 188621.94 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{188621.94}{18024.68} = 10.46 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### • Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{(Mu_{sayap} + Vu_x \times e)}{2} \\ &= \frac{(64028.92 + 16822.63 \times 0.2)}{2} = 33696.72 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi R_n}} \\ &= \sqrt{\frac{633696.72}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 2.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 169992.38/4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 16822.63/4 = 4205.66 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 33696.72 \times 5/1200 = 140.40 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 33696.72 \times 15/1200 = 421.21 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{total} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 4288.87 \text{ kg} < \phi R_n = 18024.68 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2\frac{2}{3} \times d = 2\frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### b. Sambungan arah y

Pembagian beban momen :

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} Mu_y = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 33022.69 = 5256.96 \text{ kgm}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 32765.73 \text{ kgm}$$

#### • Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$



Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{32765.73}{0.6} = 54609.55 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{total} = T + Pu_{sayap} / 4 = 136516.61 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{136516.61}{18024.68} = 7.57 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### • Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{(Mu_{sayap} + Vu_y \times e)}{2} \\ &= \frac{(32765.73 + 4583.13 \times 0.2)}{2} = 16841.18 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 16841.18}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 3.42 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{VI} = 169992.38 / 4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{HI} = 4583.13 / 4 = 1145.78 \text{ kg}$$

Akibat  $M_u$  :  $Ku_{V2} = 16841.18 \times 5/1200 = 70.17 \text{ kg}$

$Ku_{H2} = 16841.18 \times 15/1200 = 210.51 \text{ kg}$

Sehingga :  $Ku_{total} = \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2}$   
 $= 4527.88 \text{ kg} < \phi R_n = 18024.68 \text{ kg}$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$

### 6.3.3 Sambungan Antar Kolom pada Lantai 15-21

Sambungan kolom yang direncanakan pada lantai 1, berdasarkan hasil SAP2000 diperoleh gaya yang bekerja pada kolom adalah sebagai berikut :

Kolom = K 396×199×7×11

$P_u = 427620.63 \text{ kg}$

$M_{ux} = 66301.78 \text{ kgm}$

$M_{uy} = 30022.69 \text{ kgm}$

$V_{ux} = 16822.63 \text{ kg}$

$V_{uy} = 4583.13 \text{ kg}$

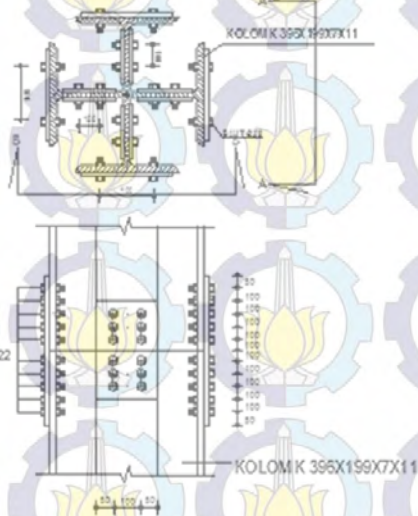
Diameter baut = Ø 22 mm

Tipe baut = A325 (tanpa ulir pada bidang geser)

Tebal pelat penyambung = 15 mm

Mutu Pelat = BJ 50





Gambar 6.12 Sambungan Antar Kolom

Pembagian beban aksial :

$$Pu_{badan} = \frac{A_{badan}}{A_{profil}} p_u = \frac{1.2(58.8 - 2 \times 2) \times 2}{385} 427620.63 = 169992.38 \text{ kg}$$

$$Pu_{sayap} = Pu - Pu_{badan} = 327628.25 \text{ kg}$$

**a. Sambungan arah x**

Pembagian beban momen :

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} Mu_x = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 66301.78 = 10272.86 \text{ kgm}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 64028.92 \text{ kgm}$$

**• Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{64028.92}{0.6} = 106714.87 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{total} = T + Pu_{sayap} / 4 = 188621.94 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{188621.94}{18024.68} = 10.46 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### • Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{(Mu_{sayap} + Vu_x \times e)}{2} \\ &= \frac{(64028.92 + 16822.63 \times 0.2)}{2} = 33696.72 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{633696.72}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 2.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{VI} = 169992.38 / 4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{HI} = 16822.63 / 4 = 4205.66 \text{ kg}$$



Akibat  $Mu$  :  $Ku_{V2} = 33696.72 \times 5/1200 = 140.40 \text{ kg}$

$$Ku_{H2} = 33696.72 \times 15/1200 = 421.21 \text{ kg}$$

Sehingga :  $Ku_{total} = \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2}$   
 $= 4288.87 \text{ kg} < \phi R_n = 18024.68 \text{ kg}$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$

### b. Sambungan arah y

Pembagian beban momen :

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} Mu_y = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 30022.69 = 5256.96 \text{ kgm}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 32765.73 \text{ kgm}$$

#### • Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{32765.73}{0.6} = 54609.55 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{total} = T + Pu_{sayap} / 4 = 136516.61 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{136516.61}{18024.68} = 7.57 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$

#### • Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{(Mu_{sayap} + Vu_y \times e)}{2} \\ &= \frac{(32765.73 + 4583.13 \times 0.2)}{2} = 16841.18 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 16841.18}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 3.42 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 169992.38 / 4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 4583.13 / 4 = 1145.78 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 16841.18 \times 5 / 1200 = 70.17 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 16841.18 \times 15 / 1200 = 210.51 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{total} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 4527.88 \text{ kg} < \phi Rn = 18024.68 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### 6.3.4 Sambungan Antar Kolom pada Lantai 22-30

Sambungan kolom yang direncanakan pada lantai 1, berdasarkan hasil SAP2000 diperoleh gaya yang bekerja pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\text{Kolom} = K 298 \times 149 \times 5.5 \times 8$$

$$Pu = 397620.63 \text{ kg}$$

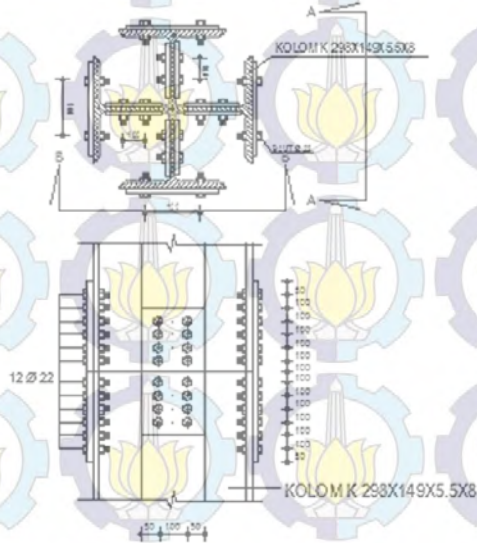
$$Mux = 62301.78 \text{ kgm}$$

$$Muy = 28022.69 \text{ kgm}$$



165

$V_{ux} = 16822.63 \text{ kg}$   
 $V_{uy} = 4583.13 \text{ kg}$   
 Diameter baut =  $\varnothing 22 \text{ mm}$   
 Tipe baut = A325 (tanpa ulir pada bidang geser)  
 Tebal pelat penyambung = 15 mm  
 Mutu Pelat = BJ 50



Gambar 6.13 Sambungan Antar Kolom

Pembagian beban aksial :

$$P_{u_{badan}} = \frac{A_{badan}}{A_{profil}} P_u = \frac{1.2(58.8 - 2 \times 2) \times 2}{385} 397620.63 = 169992.38 \text{ kg}$$

$$P_{u_{sayap}} = P_u - P_{u_{badan}} = 327628.25 \text{ kg}$$

### a. Sambungan arah x

Pembagian beban momen :

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} Mu_x = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 62301.78 = 10272.86 \text{ kgm}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 64028.92 \text{ kgm}$$

#### • Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{64028.92}{0.6} = 106714.87 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{total} = T + Pu_{sayap} / 4 = 188621.94 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{188621.94}{18024.68} = 10.46 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### • Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$Mu = \frac{(Mu_{sayap} + Vu_x \times e)}{2} \\ = \frac{(64028.92 + 16822.63 \times 0.2)}{2} = 33696.72 \text{ kgm}$$



$$\begin{aligned}\text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{633696.72}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 2.05 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut}\end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 169992.38/4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 16822.63/4 = 4205.66 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 33696.72 \times 5/1200 = 140.40 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 33696.72 \times 15/1200 = 421.21 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga : } Ku_{total} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 4288.87 \text{ kg} < \phi Rn = 18024.68 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### b. Sambungan arah y

Pembagian beban momen :

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} Mu_y = \frac{1/12 \times 1.2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{127020} 28022.69 = 5256.96 \text{ kgm}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 32765.73 \text{ kgm}$$

#### • Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 Rn = 93059.30 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{32765.73}{0.6} = 54609.55 \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya pada sayap } Pu_{total} = T + Pu_{sayap} / 4 = 136516.61 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{136516.61}{18024.68} = 7.57 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2\frac{2}{3} \times d = 2\frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

• **Sambungan pada badan kolom**

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380.13 = 235682.28 \text{ N} = 24032.90 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 R_n = 18024.68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 1.2 l_c t F_u = 1.2 \times 78 \times 20 \times 500 = 1216800 \text{ N} = 124079.07 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0.75 R_n = 93059.30 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{(Mu_{sayap} + Vu_y \times e)}{2} \\ &= \frac{(32765.73 + 4583.13 \times 0.2)}{2} = 16841.18 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 16841.18}{10 \times 0.7 \times 1.2 \times 18024.68}} \\ &= 3.42 \text{ buah} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{v1} = 169992.38/4 = 4249.80 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 4583.13/4 = 1145.78 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{v2} = 16841.18 \times 5/1200 = 70.17 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 16841.18 \times 15/1200 = 210.51 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{total} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 4527.88 \text{ kg} < \phi Rn = 18024.68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2\frac{2}{3} \times d = 2\frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$



## 6.4 Sambungan Kolom dengan Base Plate

Sambungan kolom dengan base plate direncanakan pada kolom dengan gaya yang bekerja sebagai berikut :

$P_u$  : 497620.63 kg

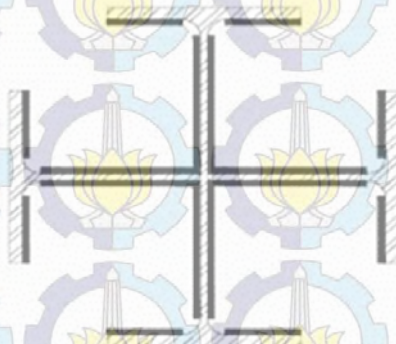
$M_{ux}$  : 74301.78 kgm

$M_{uy}$  : 38022.69 kgm

Mutu beton : 30 MPa

Mutu las : F<sub>E90xx</sub>

Diameter baut angker : 1 in = 2.54 cm



Gambar 6.5 Sambungan Las pada Base Plate

### a. Sambungan Las

Anggap  $t_e = 1$  cm, sehingga

$$A_{las} = [(8 \times 24) + (8 \times 23.2)] \times 1 = 377.6 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 4 \left( \frac{1}{12} 23.2 \times 1^3 + \frac{1}{12} 1 \times 24^3 + 1 \times 23.2 \times 12^2 \right) + 4 \left( \frac{1}{12} 24 \times 1^3 + \frac{1}{12} 1 \times 23.2^3 + 1 \times 24 \times 0.5^2 \right) = 22165.66 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_x$$

$$W_x = \frac{I_x}{y} = \frac{22165.66}{12} = 1847.14 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{x} = \frac{22165.66}{11.6} = 1910.83 \text{ cm}^3$$

$$f_{total} = \frac{P_u}{A_{las}} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

$$= \frac{497620.63}{377.6} + \frac{74301.78}{1847.14} + \frac{38022.69}{1910.83} = 2377.98 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat rencana las ( $t_e = 1 \text{ cm}$ )

$$\phi R_n = \phi F_{mn} A_{we} = 0.8 \times 0.6 \times F_{E90} \times 47.2 \times 1 = 2039.04 \text{ kg/cm}$$

$$t_c = \frac{f_{total}}{\phi R_n} = 1.16 \text{ cm}$$

$$a_{perlu} = \frac{t_c}{0.707} = 1.65 \text{ cm} \approx 1.7 \text{ cm}$$

## b. Perencanaan Base Plate

### • Arah x



Gambar 6.6 Desain Base Plate Arah X

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{74301.78}{497620.63} = 14.93 \text{ cm} > \frac{H}{6} = \frac{75}{6} = 12.5 \text{ cm}$$



Direncanakan diameter baut = 2.54 cm

$$h' > we + c_1$$

$$we = \text{jarak tepi baut} = 2 \frac{2}{3} \times 2.54 = 6.77 \text{ cm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = \frac{27}{16} \times 2.54 = 4.29 \text{ cm}$$

$$h' > 6.77 + 4.29 = 11.06 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } h' = 12.5 \text{ cm}$$

$$h = H - 0.5h' = 75 - 0.5 \times 12.5 = 68.75 \text{ cm}$$

$$B = 75 \text{ cm}$$

Dimensi beton : Panjang = 75 cm

Lebar = 75 cm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{75 \times 75}{70 \times 70}} = 1.07$$

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0.85 \times 30 \times 1.07 = 27.32 \text{ MPa} = 273.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u(2h - H) + 2M_u}{\phi P_p B}}$$

$$= 68.75 - \sqrt{68.75^2 - \frac{497620.63(2 \times 68.75 - 75) + 2 \times 7430178}{0.65 \times 273.2 \times 75}} = 33.03 \text{ cm}$$

$$T_u = (\phi P_p B a) - P_u = (0.65 \times 273.2 \times 75 \times 33.03) - 497620.63 = 57710.58 \text{ kg}$$

• **Arah y**

$$e_y = \frac{M_{wy}}{P_u} = \frac{3802269}{497620.63} = 7.64 \text{ cm} < \frac{H}{6} = \frac{75}{6} = 12.5 \text{ cm} \rightarrow$$

tidak perlu angkur pada arah y

**c. Perhitungan Baut Angkur**

$$\text{Kuat Tarik } R_n = F_n A_b = 620 \times 506.71 = 32035.20 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0.75 R_n = 24026.40 \text{ kg}$$

$$n \geq \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{57710.58}{24026.40} = 2.4 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat baja } t &\geq 2.108 \sqrt{\frac{T_u (h' - w_e)}{f_y B}} \\ &= 2.108 \sqrt{\frac{57710.58(12.5 - 6.77)}{2500 \times 75}} = 2.79 \text{ cm} \end{aligned}$$

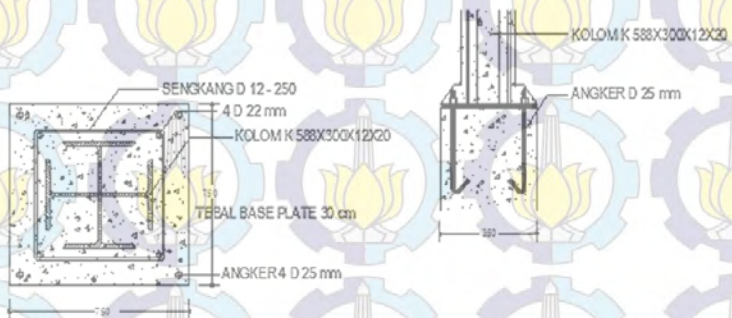
Dipakai  $t = 30 \text{ mm}$  dengan ukuran baseplate  $= 75 \times 75 \text{ cm}$

$$T_u \text{ pada angkur} = \frac{T_u}{4} = \frac{57710.58}{4} = 15527.65 \text{ kg}$$

$T_u = 0.75\pi D L \tau$ , maka panjang angkur

$$L = \frac{T_u}{0.75\pi D \tau} = \frac{57710.58}{0.75\pi \times 2.54 \times \sqrt{300}} = 55.67 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Digunakan  $L = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.7 Sambungan Kolom dengan Base Plate



## BAB VII

### PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH

#### 7.1 Umum

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak. Dalam hal ini, pondasi dikatakan sebagai pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Pondasi dalam memiliki beberapa jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), pondasi caisson dan lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan memakai pondasi dalam tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA). Dalam bab ini akan dibahas perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (*pile cap*), dan perencanaan sloof (*tie beam*).

#### 7.2 Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat yang telah dilakukan penyelidikan tanah. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi



perencanaan pondasi yang sesuai dengan jenis tanah dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah dilapangan. Data tanah yang tersedia meliputi data penyelidikan tanah hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT).

### 7.3 Kriteria Desain

Kekuatan dan dimensi tiang pancang yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

Tipe tiang pancang	: Tiang pancang beton pratekan
Merk	: WIKA
Penampang	: Bulat berongga
Mutu beton	: 30 MPa
Diameter tiang	: 600 mm
Tebal tiang	: 100 mm
Class	: A1
Bending momen crack	: 17 ton.m
Bending momen ultimate	: 25.50 ton.m
Pallow	: 252.70 ton

### 7.4 Daya Dukung Tanah

#### 7.4.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan lekatan tanah di sekeliling tiang pondasi ( $Q_s$ ). Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi ditanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu:



- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Langkah-langkah dalam menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT adalah sebagai berikut:

#### 1. Koreksi SPT terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ :

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15) \text{ (Terzaghi \& Peck, 1960)}$$

$$N_1 = 0.6N \text{ (Bazaraa, 1967)}$$

Harga yang dipilih adalah harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua rumusan di atas. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dan bila  $N \leq 15$ , tidak ada koreksi ( $N_1 = N$ )

Berdasarkan langkah diatas, daya dukung 1 tiang pancang:

$$Q_L = Q_P + Q_s$$

$$= C_n \times A_{\text{ujung}} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

$$= K \times N \times A_{\text{ujung}} + \sum_{i=1}^n \frac{\bar{N}_i}{2 \text{ atau } 5} \times A_{si}$$

dengan

$\bar{N}$  = harga rata-rata  $N_2$  dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang (gambar 3.2)

$K$  = koefisien karakteristik tanah

$A_{si}$  = luas selimut tiang pada segmen  $i = O_i \times h_i$

$C_{li} = f_{si} = N/2 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah lempung/lanau

$= N/5 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah pasir



Sehingga, daya dukung ijin dari satu tiang pancang dengan diameter 60 cm dan kedalaman 28 m yang berdiri sendiri adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{Tiang}} = \frac{Q_L}{SF} \rightarrow SF = 3$$

$$= \frac{314.61}{3} = 104.87 \text{ ton}$$

#### 7.4.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

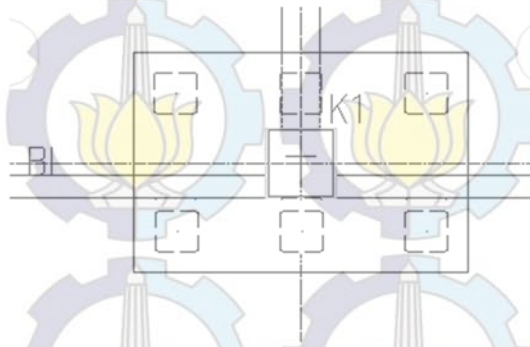
Beban maksimum yang bekerja pada pondasi adalah seagai berikut :

$$P = 291891.98 \text{ kg} \quad M_x = 82236.65 \text{ kgm} \quad M_y = 72529.94 \text{ kgm}$$

$$V_x = 40332.79 \text{ kg} \quad V_y = 89684.33 \text{ kgm}$$

$$\text{Jarak antar tiang pancang} = 120 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak tiang pancang ke tepi pondasi} = 80 \text{ cm}$$



Gambar 7.1 Denah Pondasi

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan di sekeliling tiang, sehingga perlu memperhitugkan jarak antar tiang dalam pondasi kelompok. Sebaiknya jarak minimum antar tiang



dalam kelompok adalah 2 s/d 3 diameter tiang. Selanjutnya perlu melakukan korelasi antara daya dukung 1 tiang dengan daya dukung tiang kelompok menggunakan koefisien  $C_e$ . Koefisien  $C_e$  yang digunakan adalah berdasarkan perumusan Converse Labarre.

$$C_e = 1 - \frac{\tan^{-1}\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana

$D$  = diameter tiang pancang (cm)

$S$  = jarak antar tiang pancang (cm)

$m$  = jumlah tiang pancang dalam 1 baris

$n$  = jumlah baris tiang pancang

$$C_e = 1 - \frac{\tan^{-1}\left(\frac{60}{120}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right) = 0.95$$

$$Q_L (\text{group}) = P_{1 \text{ Tiang}} \times n \times C_e$$

Dengan  $n$  = jumlah tiang dalam kelompok

$$Q_L (\text{group}) = 104.87 \times 6 \times 0.95 = 597.76 \text{ ton}$$

Dalam penggunaan pondasi tiang kelompok, terjadi repartisi beban-beban yang bekerja pada tiang pancang. Untuk menghitung repartisi beban tersebut adalah sebagai berikut:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i)^2}$$

Dimana  $X_i$  &  $Y_i$  adalah koordinat sebuah tiang, dengan total  $n$  tiang.



$$\begin{aligned}
 P_{v_{maks}} &= \frac{291891.98}{6} + \frac{7252994 \times 120}{\sum_{i=1}^1 (120)^2} + \frac{8223665 \times 60}{\sum_{i=1}^1 (60)^2} \\
 &= 246151.36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{v_{min}} &= \frac{291891.98}{6} - \frac{7252994 \times 120}{\sum_{i=1}^1 (120)^2} - \frac{8223665 \times 60}{\sum_{i=1}^1 (60)^2} \\
 &= 148854.04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dilakukan kontrol kekuatan tiang pancang dengan:

$$P_{v_{maks}} = 246151.36 \text{ kg} < Q_L (\text{group}) = 597759 \text{ kg}$$

Cek daya dukung kalendering (Alfred Hiley) dengan Kobelco Diesel Hammer:

$$Qu = \frac{2WH}{s + K} \times \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p}$$

$$\begin{aligned}
 \text{dengan } Qu &= 104.87 \text{ ton} & H &= 174.2 \text{ cm} \\
 W &= 2.5 \text{ ton} & n &= 0.40 & K &= 0.9 \text{ cm} \\
 W_p &= 191 \text{ kg/m} \times 26 \text{ m} = 4.97 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$104.87 = \frac{2 \times 2.5 \times 174.2}{s + 0.9} \times \frac{2.5 + 0.4^2 4.97}{2.5 + 4.97}$$

$$s = 2.76 \text{ cm}$$

## 7.5 Perencanaan Poer (Pile Cap)

Poer direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu, poer



harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur. Berikut merupakan data perencanaan poer :

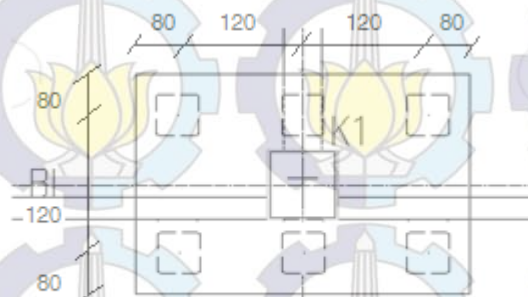
Dimensi kolom	: $75 \times 75$ mm
Dimensi poer	: $400 \times 280$ mm
Mutu beton	: 30 MPa
Mutu baja	: 410 MPa
Tulangan utama	: D 22
Selimut beton	: 50 mm
Tinggi efektif (d)	: 1.50 m

### 7.5.1 Kontrol Geser Pons

Data perencanaan untuk poer adalah sebagai berikut :

$P_u$	: 291891.98 kg
$P_1$ Tiang	: 104.87 ton = 104870 kg

#### a. Geser satu arah



Gambar 7.2 Geser Ponds Satu Arah

$$\phi V_c = \phi \times 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1

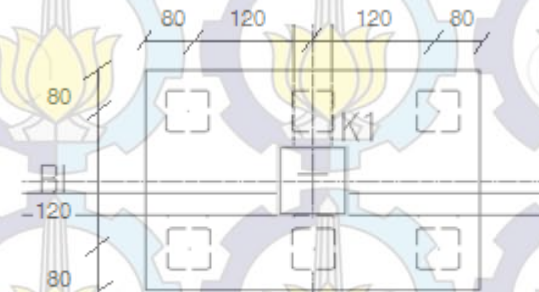


180

$$= 0.85 \times 0.17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 = 917145.66 \text{ kg}$$

$$Pu \leq \phi V_c \rightarrow 291891.98 \text{ kg} \leq 917145.66 \text{ kg}$$

**b. Geser dua arah**



Gambar 7.3 Geser Ponds Dua Arah

$\beta$  = rasio terhadap sisi panjang dan sisi pendek kolom = 1

$\alpha_s = 40$  untuk kolom interior

$b_o$  = keliling penampang kritis

$$= 2(750 + 1403) + 2(750 + 1403) = 8612 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1

$$= 0.17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 = 3441690.56 \text{ kg}$$

$$V_{c2} = 0.083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1

$$= 0.083 \left( \frac{40 \times 1403}{8612} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 = 4770240.85 \text{ kg}$$



$$V_{c3} = 0.33 \lambda \sqrt{f_c} b_0 d \quad \text{SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1}$$

$$= 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 = 2226976.24 \text{ kg}$$

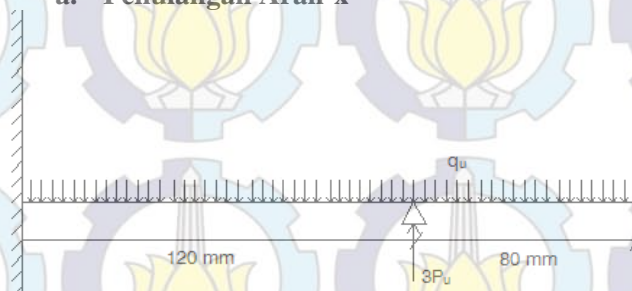
$$\phi V_c = 0.85 \times V_{c3} = 1892929.80 \text{ kg}$$

$$P_u \leq \phi V_c \rightarrow 291891.98 \text{ kg} \leq 1892929.80 \text{ kg}$$

### 7.5.2 Penulangan Poer (Pile Cap)

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer.

#### a. Penulangan Arah-x



Gambar 7.3 Analisa Poer Sebagai Balok Kantilever Arah-x

#### Penulangan Lentur

$$P_u = 1.4 \times 291.89 = 408.65 \text{ ton}$$

$$q_u = 2.4 \times 1.4 \times 4 \times 1.5 = 20.16 \text{ ton/m}$$

$$M_u = 3 \times 408.65 \times 0.12 - \frac{1}{2} \times 20.16 \times 2^2 = 106.79 \text{ tonm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \left( \frac{30 - 28}{7} \right) \times 0.05 = 0.84$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SNI 2847:2013 Lampiran B}$$



$$= \frac{0.85 \times 0.84 \times 30}{410} \left( \frac{600}{600 + 350} \right) = 0.033$$

$$\rho_{maks} = 0.5 \times \rho_b = 0.016 \quad \text{SNI 2847:2013 Lampiran B}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{410}{0.85 \times 30} = 16.08$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1.07 \times 10^9}{0.85 \times 400 \times 1403^2} = 1.59 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16.08} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.08 \times 1.59}{410}} \right) = 0.004$$

Dipakai  $\rho = 0.004$

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d = 0.004 \times 400 \times 1403 = 2248.81 \text{ mm}^2$$

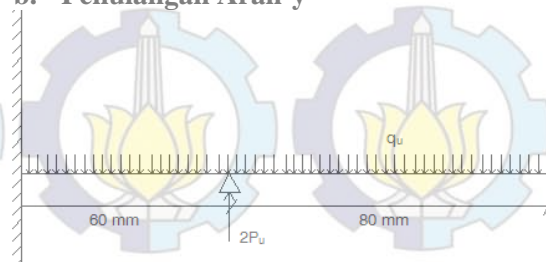
$$\text{Jumlah tulangan } n = \frac{A_{sperlu}}{A_{s_{tulangan}}} = 5.92 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak pemasangan tulangan } s = \frac{400 - (2 \times 75)}{6 - 1} = 50 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan utama D22 – 50 ( $A_s = 380.13 \text{ mm}^2$ )

Digunakan tulangan samping D22 – 75 ( $A_s = 380.13 \text{ mm}^2$ )

#### b. Penulangan Arah-y



Gambar 7.4 Analisa Poer Sebagai Balok Kantilever Arah-y



Penulangan Lentur

$$P_u = 1.4 \times 291.89 = 408.65 \text{ ton}$$

$$q_u = 2.4 \times 1.4 \times 2.8 \times 1.5 = 14.11 \text{ ton/m}$$

$$M_u = 2 \times 408.65 \times 0.6 - \frac{1}{2} \times 14.11 \times 1.4^2 = 476.55 \text{ tonm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \left( \frac{30 - 28}{7} \right) \times 0.05 = 0.84$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ SNI 2847:2013 Lampiran}$$

B

$$= \frac{0.85 \times 0.84 \times 30}{410} \left( \frac{600}{600 + 350} \right) = 0.033$$

$$\rho_{maks} = 0.5 \times \rho_b = 0.016 \text{ SNI 2847:2013 Lampiran B}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{410}{0.85 \times 30} = 16.08$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{4.77 \times 10^9}{0.85 \times 280 \times 1403^2} = 1.02 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16.08} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.08 \times 1.02}{410}} \right) = 0.0025$$

Dipakai  $\rho = 0.0034$ 

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d = 0.0034 \times 280 \times 1403 = 1335.66 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan } n = \frac{A_{sperlu}}{A_{s_{tulangan}}} = 3.51 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak pemasangan tulangan } s = \frac{280 - (2 \times 75)}{4 - 1} = 43.33 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan utama D22 – 45 ( $A_s = 380.13 \text{ mm}^2$ )Digunakan tulangan samping D22 – 70 ( $A_s = 380.13 \text{ mm}^2$ )



## 7.6 Perencanaan Sloof (Tie Beam)

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan gedung terjadi secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof memiliki fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi. Adapun data-data perencanaan sloof adalah sebagai berikut :

Pu	: 291891.98 kg = 2862482.49 N
Dimensi sloof	: 500 × 700 mm
Panjang sloof	: 3.6 m
Mutu beton	: 30 MPa
Mutu baja	: 410 MPa
Tulangan utama	: D 22
Tulangan sengan	: Ø12
Selimut beton	: 40 mm
Tinggi efektif (d)	: 632 mm

$$\text{Tegangan ijin tarik beton } f_{r \text{ ijin}} = 0.7 \sqrt{f'_c} = 0.7 \sqrt{30} = 1.64 \text{ MPa}$$

$$Pu = 10\% Pu_{kolom} = 286248.25 \text{ N}$$

$$\text{Tegangan tarik yang terjadi } f_r = \frac{Pu}{\phi b h} = \frac{286248.25}{0.85 \times 500 \times 700} = 0.96 \text{ MPa}$$

### 7.6.1 Penulangan Lentur

Beban yang terjadi pada sloof :

- Beban Aksial

$$Pu = 286248.25 \text{ N}$$

- Beban Merata

$$\text{Sloof} = 0.5 \times 0.7 \times 2400 = 840 \text{ kg/m}$$

$$\text{Dinding} = 4 \times 450 = 1800 \text{ kg/m} +$$

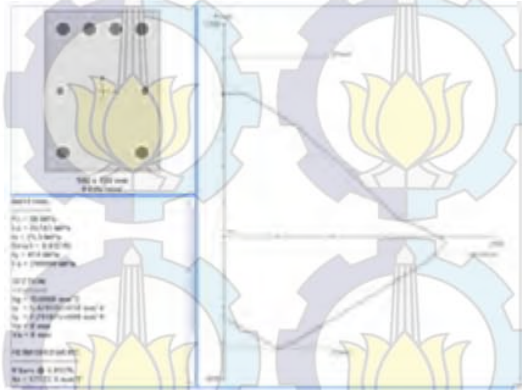
$$= 2640 \text{ kg/m}$$

$$qu = 1.4 \times q = 1.4 \times 2640 = 3696 \text{ kg/m}$$



$$Mu = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3696 \times 3.6^2 = 5987.52 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 3696 \times 3.6 = 6652.8 \text{ kg}$$



Gambar 7.5 Diagram Interaksi Aksial vs Momen Sloof

Dari diagram diatas, diperoleh  $\rho$  tulangan sebesar 1.09%, sehingga dipakai 4D22 ( $A_s = 1520.53 \text{ mm}^2$ ).

### 7.6.2 Penulangan Geser

Gaya geser yang terjadi :

$$Vu = 65241.68 \text{ N}$$

$$Vc = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right)$$

$$= 0.17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 500 \times 632 \times \left( 1 + \frac{65241.68}{14 \times 500 \times 700} \right)$$

$N_u$  dan  $A_g$  dalam MPa

$$= 298154.21 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0.75 \times Vc = 223615.66 \text{ N}$$

$$\phi Vc \geq Vu \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$$

Digunakan tulangan praktis Ø12 – 300 ( $A_s = 113.09 \text{ mm}^2$ )



## 7.7 Perencanaan Basement

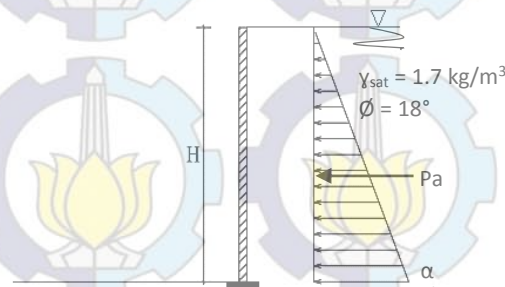
Perencanaan Basement dilakukan dengan dinding geser yang juga difungsikan sebagai dinding penahan tanah. Tinggi basement direncanakan sebesar 4 m. Adapun data-data perencanaan sloop adalah sebagai berikut :

### 7.7.1 Perencanaan Dinding Basement

Perencanaan dinding basement dilakukan seperti perencanaan dinding penahan tanah. Hal ini dilakukan mengingat lantai basement berada dibawah tanah sehingga seluruh dinding basement mengalami tekanan horizontal oleh tanah dan air. Dinding basement direncanakan menggunakan struktur beton bertulang. Adapun data-data perencanaan balok induk basement beton bertulang adalah sebagai berikut :

Dimensi dinding	: $0.4 \times 3 \times 4$ m
Mutu beton	: 30 MPa
Mutu baja	: 410 MPa
Tulangan utama	: D 22
Tulangan sengkang	: $\emptyset 12$
Selimut beton	: 50 mm

#### a. Pembebanan



Gambar 7.6 Diagram Tekanan Tanah pada Dinding Basement



$$\begin{aligned}\sigma &= K a_{\gamma} \times \gamma_{sat} \times H + K a_w \times \gamma_w \times H \\ &= \tan^2(45^\circ - 18^\circ/2) \times 1.7 \times 4 + 1 \times 1 \times 4 = 7.59 \text{ kg/m}^2 \\ P_a &= \text{Luas segitiga} = (7.59 \times 4) / 2 = 15.18 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

**b. Penulangan**

- Penulangan lentur

$$M u_{max} = 2851.92 \text{ kgm/m}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \left( \frac{30 - 28}{7} \right) \times 0.05 = 0.84$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ SNI 2847:2013 Lampiran B}$$

$$= \frac{0.85 \times 0.84 \times 30}{410} \left( \frac{600}{600 + 350} \right) = 0.033$$

$$\rho_{maks} = 0.5 \times \rho_b = 0.016 \quad \text{SNI 2847:2013 Lampiran B}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{410}{0.85 \times 30} = 16.08$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{2.79 \times 10^7}{0.85 \times 1000 \times 328^2} = 0.31 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16.08} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.08 \times 0.31}{410}} \right) = 0.0007$$

Dipakai  $\rho = 0.0034$

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d = 0.0034 \times 1000 \times 328 = 1115.20 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak pemasangan tulangan } s = \frac{380.13 \times 1000}{1115.2} = 340.86 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan utama D22 – 300 ( $A_s = 380.13 \text{ mm}^2$ )



- Penulangan geser

$$Vu_{max} = 1843.47 \text{ kg}$$

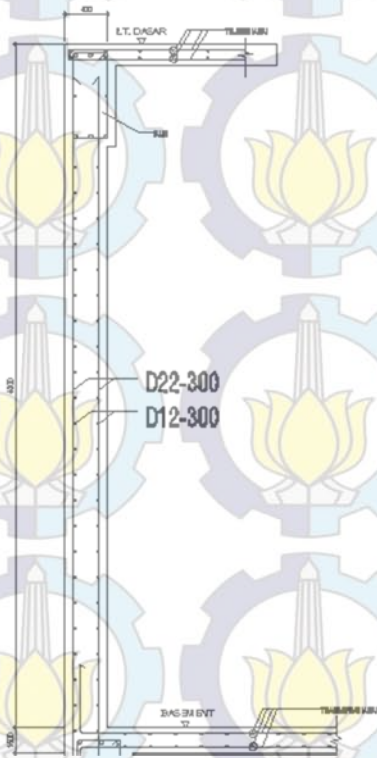
$$Vn = 0.11\lambda\sqrt{f'_c}b_w h$$

SNI 2847:2013 Pasal 22.6.4

$$= 0.11 \times 1 \times \sqrt{30} \times 400 \times 4000 = 98299.79 \text{ kg}$$

$$\phi Vn = 0.75 \times Vn = 73724.84 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$$

Digunakan tulangan praktis Ø12 – 300 ( $A_s = 113.09 \text{ mm}^2$ )

Gambar 7.7 Penulangan Dinding Basement



## BAB VIII PENUTUP

### 8.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur sekunder meliputi perencanaan pelat, tangga, balok anak, lift, dan ramp dengan beban yang bekerja baik berupa beban mati maupun beban hidup.
2. Kontrol terhadap balok induk dilakukan pada dua kondisi yaitu sebelum komposit dan setelah komposit. Kontrol yang dilakukan meliputi kontrol lendutan, kontrol tekuk lokal, kontrol tekuk lateral, dan kontrol geser.
3. Kontrol terhadap kolom meliputi kontrol aksial, kontrol lentur, dan kontrol kombinasi aksial dan lentur.
4. *Rigid Connection* dilakukan pada sambungan balok-kolom sedangkan *Simple Connection* dilakukan pada sambungan balok-balok.
5. Dimensi struktur yang digunakan adalah sebagai berikut :
  - Tebal pelat :
    - Pelat atap : 10 cm
    - Pelat lantai : 11 cm
  - Dimensi kolom K1 :
    - Beton : 75×75
    - Profil : K 588×300×12×20
  - Dimensi kolom K2 :
    - Beton : 45×45
    - Profil : K 298×149×5.5×8
  - Dimensi balok induk : WF 600×200×11×17
  - Profil balok anak : WF 400×200×8×13
  - Profil balok tangga :



- Utama : WF 200×100×5.5×8
- Penumpu : WF 250×125×6×9
- Profil balok lift : WF 300×150×6.5×9
- Profil balok ramp : WF 400×200×8×13

## 8.2 Saran

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya dilapangan juga hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomi, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.



## BAB VIII PENUTUP

### 8.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur sekunder meliputi perencanaan pelat, tangga, balok anak, lift, dan ramp dengan beban yang bekerja baik berupa beban mati maupun beban hidup.
2. Kontrol terhadap balok induk dilakukan pada dua kondisi yaitu sebelum komposit dan setelah komposit. Kontrol yang dilakukan meliputi kontrol lendutan, kontrol tekuk lokal, kontrol tekuk lateral, dan kontrol geser.
3. Kontrol terhadap kolom meliputi kontrol aksial, kontrol lentur, dan kontrol kombinasi aksial dan lentur.
4. *Rigid Connection* dilakukan pada sambungan balok-kolom sedangkan *Simple Connection* dilakukan pada sambungan balok-balok.
5. Dimensi struktur yang digunakan adalah sebagai berikut :
  - Tebal pelat :
    - Pelat atap : 10 cm
    - Pelat lantai : 11 cm
  - Dimensi kolom K1 :
    - Beton : 75×75
    - Profil : K 588×300×12×20
  - Dimensi kolom K2 :
    - Beton : 45×45
    - Profil : K 298×149×5.5×8
  - Dimensi balok induk : WF 600×200×11×17
  - Profil balok anak : WF 400×200×8×13
  - Profil balok tangga :



- Utama : WF 200×100×5.5×8
- Penumpu : WF 250×125×6×9
- Profil balok lift : WF 300×150×6.5×9
- Profil balok ramp : WF 400×200×8×13

## 8.2 Saran

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya dilapangan juga hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomi, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.



## DAFTAR PUSTAKA

Arifin, Zainul. 2011. *Modifikasi Perancangan Struktur Komposit Baja Dan Beton Pada RSUD - Kepanjen Malang*. Teknik Sipil ITS. Surabaya.

Ayu, Ida M. B., et.al. 2012. *Pengujian Kekuatan Penghubung Geser yang Terbuat dari Baja Tulangan Berbentuk "U Terbalik"*. Teknik Sipil Udayana. Denpasar.

Fastaria, Rininta. 2014. *Analisa Perbandingan Metode Halfslab dan Plat Komposit Bondek Pekerjaan Struktur Plat Lantai Proyek Pembangunan Apartemen De Papilio Tamansari Surabaya*. Teknik Sipil ITS. Surabaya.

Indriyanto, Irawan. 2011. *Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen East Coast Residence Surabaya Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton*. Teknik Sipil ITS. Surabaya.

Lahakumang, Krisantus M., et.al. 2014. *Kuat Geser Komposit Baja Beton dengan Variasi Bentuk Penghubung Geser Ditinjau Dari Uji Geser Murni*. Teknik Sipil FST Undana. Kupang

Sasongko, Hendro. 2011. *Modifikasi Perancangan Gedung Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang Dengan Baja-Beton Komposit*. Teknik Sipil ITS. Surabaya.

Sugiharto, Handoko, et.al. 2001. *Redistribusi Momen Pada Balok Komposit Menerus dengan Mempertahankan Pengaruh Momen Inersia Negatif*. Teknik Sipil UK Petra. Surabaya.

Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: ITSPress



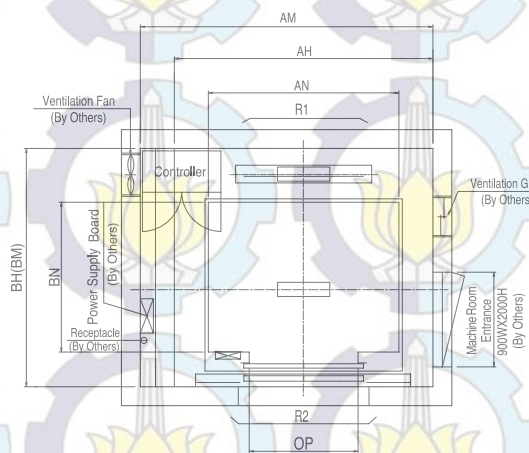
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



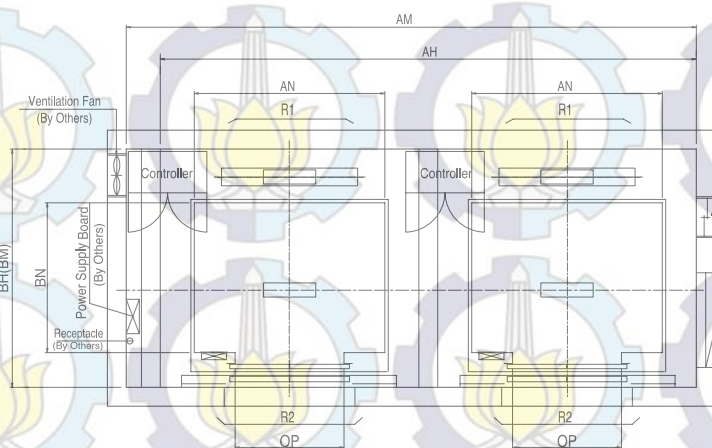
# Technical Data Passenger

## ● Hoistway & Machine Room Plan

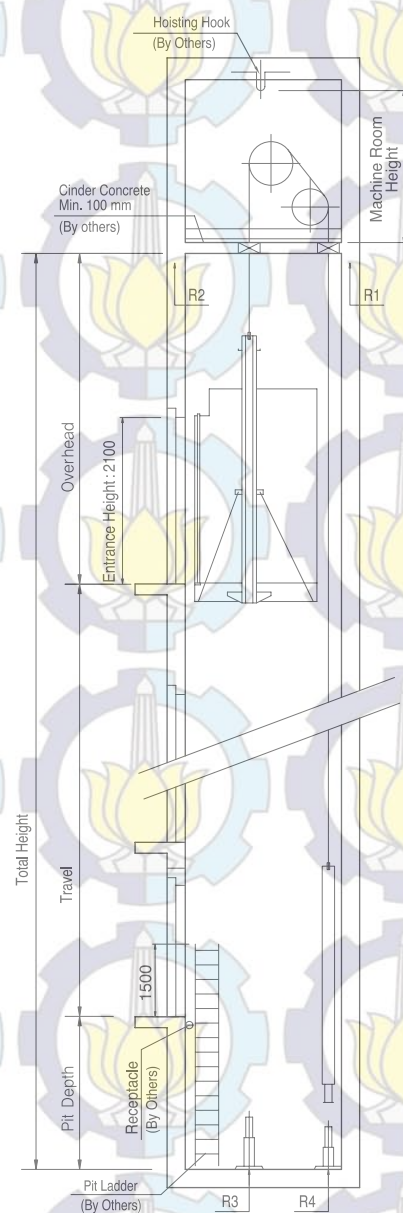
[Simplex]



[Duplex]



## ● Hoistway Section



## ● Overhead, Pit & Machine Room Height

Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (m)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room Height (mm)	Hook Load (kg)
1.0	450 ~ 1000	TR ≤ 100	4200	1400	2300	3000
	1150 ~ 1600		4300			4500
1.5	450 ~ 1000		4400	1450	2300	3000
	1150 ~ 1600					4500
1.75	450 ~ 1000		4500	1600	2300	3000
	1150 ~ 1600					4500



# Technical Data Passenger

## ● Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

### [Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Entrance Opening (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load(kg)				
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit		
	Person	Load(kg)		AN	BN	AH	BH	AH	BH	AM	BM	AM	BM	R1	R2	R3	R4	
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300	
	9	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500	
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900	
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150	
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900	
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300	
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500	
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050					
		20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
				1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

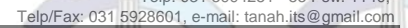
### [EN Code]

1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1250	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

### [Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	515	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300	



[illegible]





**KLIEN** : PT. PEMBANGKIT JAWA BALI (PJB)  
**PROYEK** : PEMBANGUNAN CNG PLAT  
**LOKASI** : PLTGU MUARA TAWAR

**POINT** : BH-1  
**DATE** : 10 JANUARI 2013  
**MASTER BOR** : HARNO

**REKAP HASIL TEST**

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.647	1.318	79.82	39.74	56.86	1.596	1.142	1.711	*	*	*
-6.00	2.437	1.124	100.00	46.12	52.92	1.677	1.147	1.677	*	*	*
-9.00	2.597	1.297	100.00	49.94	56.46	1.695	1.131	1.695	*	*	*
-12.00	2.673	1.284	100.00	48.04	56.22	1.732	1.170	1.732	*	*	*
-15.00	2.519	1.178	100.00	46.76	54.09	1.697	1.157	1.697	*	*	*
-18.00	2.642	1.105	100.00	41.82	52.49	1.780	1.255	1.780	*	*	*
-21.00	2.685	1.219	100.00	45.40	54.93	1.759	1.210	1.759	*	*	*
-24.00	2.649	1.235	100.00	46.62	55.26	1.738	1.185	1.738	*	*	*
-27.00	2.643	1.144	100.00	43.28	53.36	1.766	1.233	1.766	*	*	*
-30.00	2.574	1.139	100.00	44.25	53.25	1.736	1.203	1.736	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH		SWEALING TEST	
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	$\phi$	C	Cu	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )
-3.00	0.24	28.56	71.20	46.40	29.65	16.75	0	*	0.080	
-6.00	0.84	25.50	73.66	37.96	28.17	9.79	18	0	*	
-9.00	0.00	0.63	99.37	72.15	33.27	38.88	0	*	0.090	
-12.00	0.00	0.71	99.29	72.49	33.42	39.07	0	*	0.150	
-15.00	0.85	20.96	78.19	57.54	31.17	26.37	20	0	*	
-18.00	1.51	10.44	88.05	72.66	33.61	39.05	0	*	0.700	
-21.00	0.00	0.82	99.18	66.48	33.28	33.20	0	*	0.683	
-24.00	1.43	18.87	79.70	66.51	33.42	33.09	0	*	0.689	
-27.00	0.13	6.77	93.10	66.98	34.16	32.82	0	*	0.682	
-30.00	2.32	50.15	47.53	38.96	28.73	10.23	0	*	0.859	

**REMARK**

G = Gravel (%)  
S = Sand (%)  
S + Cl = Silt + Clay (%)

LL = Liquid Limit (%)  
PL = Plastic Limit (%)  
IP = Plastic Index (%)

$\phi$  = Angle of internal friction (degree)  
C = Cohesion (kg/cm<sup>2</sup>)  
Cu = Cohesion Undrained (kg/cm<sup>2</sup>)

Gs = Specific Gravity  
e = Void ratio  
Sr = Degree of saturation (%)

W<sub>c</sub> = Water content (%)  
n = Porosity (%)  
 $\gamma_t$  = Wet density (gr/cc)

$\gamma_{sat}$  = Saturated density (gr/cc)  
 $\gamma_d$  = Dry density (gr/cc)

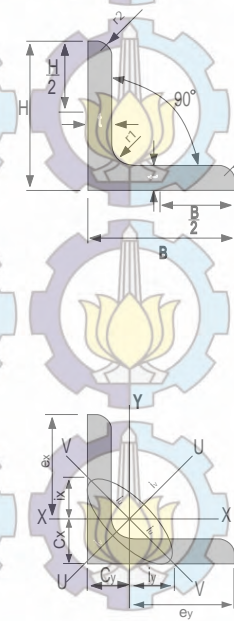
Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm<sup>2</sup>)  
Cc = Compression Index  
Cv = Compression of Consolidation (cm<sup>2</sup>/sec)  
\* = Not test



# EQUAL ANGLE

Metric Size

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS						SECTION AREA	UNIT WEIGHT			INFORMATIVE REFERENCE								REMARKS
										CENTER OF GRAVITY	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA			MODULUS OF SECTION		
H	x	B	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	kg/m	kg/6m	kg/12m	C <sub>x</sub> = C <sub>y</sub>	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub>	Max I <sub>u</sub>	Min I <sub>v</sub>	i <sub>x</sub> = i <sub>y</sub>	Max i <sub>u</sub>	Min i <sub>v</sub>	Z <sub>x</sub> = Z <sub>y</sub>	
mm	x	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>				cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup>	
50 x 50	5	6.5	3	4.802	3.77	22.62	45.24	1.410	11.100	17.50	4.580	1.520	1.91	0.98	3.080			
50 x 50	6	6.5	4.5	5.644	4.43	26.58	53.16	1.440	12.600	20.00	5.230	1.500	1.88	0.96	3.550			
60 x 60	5	6.5	3	5.802	4.55	27.5	55	1.660	19.600	31.20	8.090	1.840	2.32	1.18	4.520			
60 x 60	6	8	4	6.910	5.40	32.5	65	1.700	22.790	36.16	9.420	1.820	2.29	1.17	5.280			
65 x 65	5	8.5	3	6.367	5.00	30	60	1.770	25.300	40.10	10.500	1.990	2.51	1.28	5.350			
65 x 65	6	8.5	4	7.527	5.91	35.5	71	1.810	29.400	46.60	12.200	1.980	2.49	1.27	6.260			
65 x 65	8	8.5	6	9.761	7.66	48	92	1.880	36.800	58.30	15.300	1.940	2.44	1.25	7.960			
70 x 70	6	8.5	4	8.127	6.38	38.5	77	1.930	37.100	58.90	15.300	2.140	2.69	1.37	7.330			
75 x 75	6	8.5	4	8.727	6.85	41	82	2.060	46.100	73.20	19.000	2.300	2.90	1.48	8.470			
80 x 80	6	8.5	4	9.230	7.32	43.9	87.8	2.180	56.400	89.60	23.200	2.460	3.10	1.58	9.700			
90 x 90	7	10	5	12.220	9.59	57.6	115.2	2.460	93.000	148.00	38.300	2.760	3.48	1.77	14.200			
90 x 90	10	10	7	17.000	13.30	80	160	2.570	125.000	199.00	51.700	2.710	3.42	1.74	19.500			
100 x 100	7	10	5	13.620	10.70	64	128	2.710	129.000	205.00	53.200	3.080	3.88	1.98	17.700			
100 x 100	10	10	7	19.000	14.90	89.5	179	2.820	175.000	278.00	72.000	3.040	3.83	1.95	24.400			
120 x 120	8	12	5	18.760	14.70	88	176	3.240	258.000	410.00	106.000	3.710	4.67	2.38	29.500			
120 x 120	11	13	6.5	25.370	19.90	119.5	239	3.300	340.000	541.00	140.000	3.660	4.62	2.35	39.360			
120 x 120	12	13	6.5	27.540	21.60	130	260	3.400	367.000	583.00	151.000	3.650	4.60	2.35	42.680			
130 x 130	9	12	6	22.740	17.90	107.4	214.8	3.530	366.000	583.00	150.000	4.010	5.06	2.57	38.700			
130 x 130	12	12	8.5	29.760	23.40	140.5	281	3.640	467.000	743.00	192.000	3.960	5.00	2.54	49.900			
150 x 150	12	14	7	34.770	27.30	164	328	4.140	740.000	1,180.00	304.000	4.610	5.82	2.96	68.100			
150 x 150	15	14	10	42.740	33.60	202	404	4.240	888.000	1,410.00	365.000	4.560	5.75	2.92	82.600			
150 x 150	19	14	10	53.380	41.90	251.5	503	4.400	1,090.000	1,730.00	451.000	4.520	5.69	2.91	103.000			
175 x 175	12	15	11	40.520	31.80	191	382	4.730	1,170.000	1,860.00	480.000	5.380	6.78	3.44	91.800			
175 x 175	15	15	11	50.210	39.40	236.5	473	4.850	1,440.000	2,290.00	589.000	5.350	6.75	3.48	114.000			
200 x 200	15	17	12	57.750	45.30	272	544	5.460	2,180.000	3,470.00	891.000	6.140	7.75	3.93	150.000			
200 x 200	20	17	12	76.000	59.70	358	716	5.670	2,820.000	4,490.00	1,160.000	6.090	7.68	3.90	197.000			
200 x 200	25	17	12	93.750	73.60	442	884	5.860	3,420.000	5,420.00	1,410.000	6.040	7.61	3.88	242.000			
250 x 250	25	24	12	119.400	93.70	562	1124	7.100	6,950.000	11,000.00	2,860.000	7.630	9.62	4.89	388.000			
250 x 250	35	24	18	162.600	128.00	768	1536	7.450	9,110.000	14,400.00	3,790.000	7.490	9.42	4.83	519.000			



NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



# WIDE FLANGE (IWF)

Metric Size | IS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS						SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE						REMARKS
Nominal Dimensional	H x B	t1	t2	r	A	Kg/m	Kg/12m	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION			
								Ix	Iy	ix	iy	Zy	Zy		
mm	mm x mm	mm	mm	mm	cm²			cm⁴	cm⁴	cm	cm	cm³	cm³		
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	168	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2		
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	253.2	1 020	151	6.17	2.37	138	30.1		
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	218.4	1 580	114	8.26	2.21	160	23.0		
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	255.6	1 840	134	8.24	2.22	184	26.8		
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	367.2	2 675	507	8.30	3.60	275.8	67.6		
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	308.4	3 540	255	10.4	2.79	285	41.1		
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	355.2	4 050	294	10.4	2.79	324	47.0		
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.0	384	6 320	442	12.4	3.29	424	59.3		
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	440.4	7 210	508	12.4	3.29	481	67.7		
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	469.8	11 100	792	14.5	3.88	641	91.0		
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	595.2	13 600	984	14.7	3.95	775	112		
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	679.2	20 000	1 450	16.7	4.48	1 040	145		
	400 x 200	8	13	16	84.1	66.0	792	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174		
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76.0	912	33 500	1 870	18.6	4.40	1 490	187		
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.6	1075.2	47 800	2 140	20.5	4.43	1 910	214		
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106	1272	77 600	2 280	24.0	4.12	2 590	228		

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

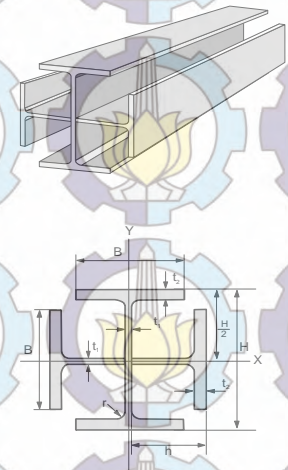


Standard Sectional Dimension						Sectional Area	Unit Weight	Informative Reference						Remarks
Sectional Index	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius			Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section		
	H mm	B mm	t <sub>1</sub> mm	t <sub>2</sub> mm	r mm			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> cm	i <sub>y</sub> cm	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	
mm						A cm <sup>2</sup>	kg/m							
K 150 x 75	150	75	5	7	8	35.7	28	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1	
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1,974	2,095	6.03	6.21	197.4	203.9	
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1,694	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6	
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	356.9	
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3,765	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2	
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9	
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.6	64	6,762	7,024	9.1	9.28	453.8	462.9	
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14,554	5,128	10.75	10.95	831.7	847.5	
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0	
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132	25,440	26,519	12.3	12.55	1,272	1,299.9	
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,083.3	1,105.1	
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,605.7	
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.4	179.2	29,940	52,189	14.79	15.7	1,997.6	2,046.6	
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.8	212	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4	
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385	302	127,020	132,585	18.16	18.16	4,320.4	4,419.5	
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471	369.7	211,800	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3	
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.8	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2	

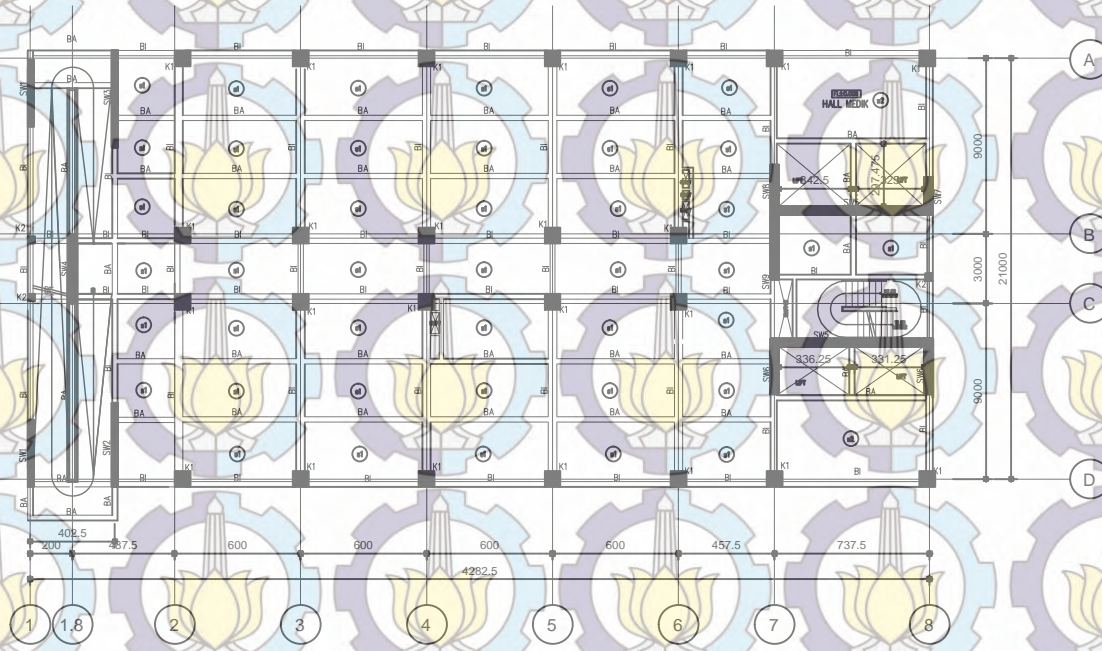


## NOTE:

- $H = H/2$  = Height of T-Beam
- Material specification refer to Wide Flange (IWF)
- Tolerance  $H = \pm 2\text{mm}$
- Welded specification as per AWS E-6013
- Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



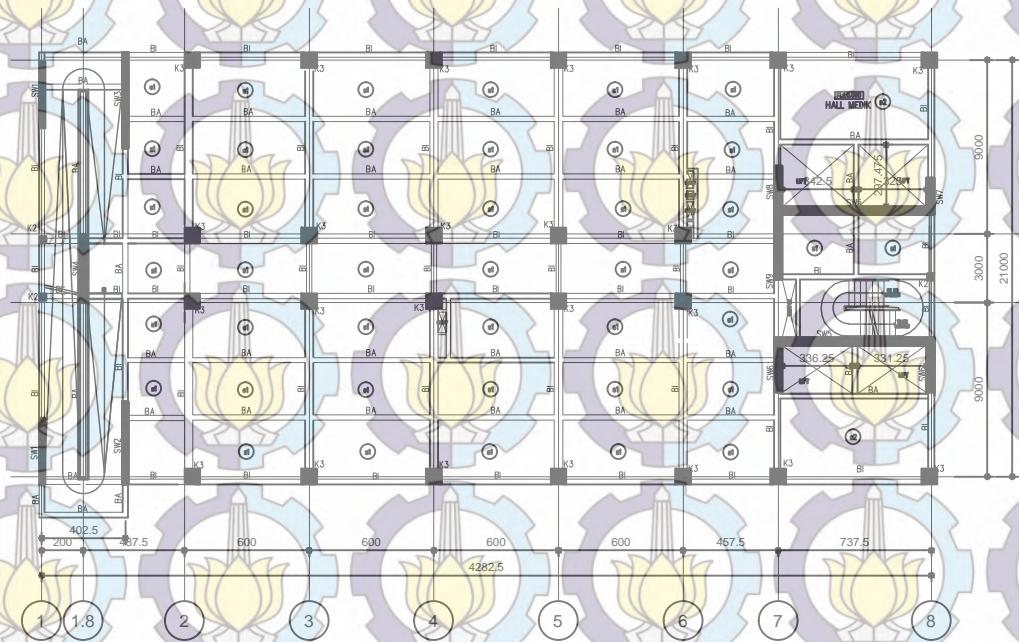




01 DENAH LANTAI 1-7  
SKALA 1 : 200

 <p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA BETON</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>DATA IRANATA, ST., MT., PHD.</p>	<p>MAHASISWA</p> <p>SHINTA YANUAR IZZATI 3112 100 035</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>DENAH LANTAI 1-7</p>	<p>SKALA</p>	<p>LEMBAR</p> <p>1</p>
---	---	---	---	---	--------------	------------------------





01 DENAH LANTAI 8-14  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

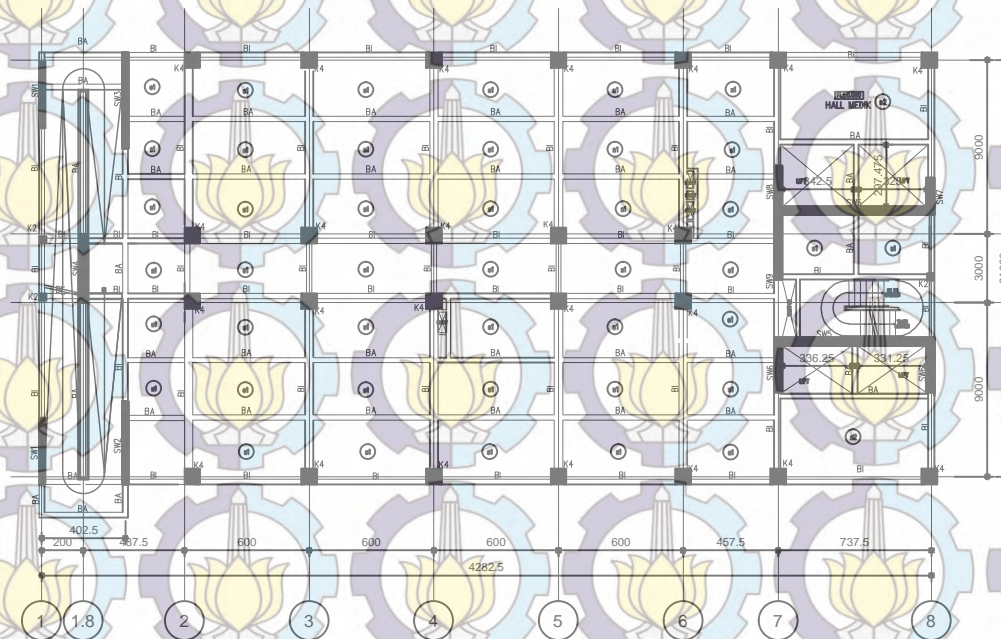
JUDUL GAMBAR  
DENAH LANTAI 8-14

SKALA

LEMBAR

2





01 DENAH LANTAI 15-21  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

JUDUL GAMBAR

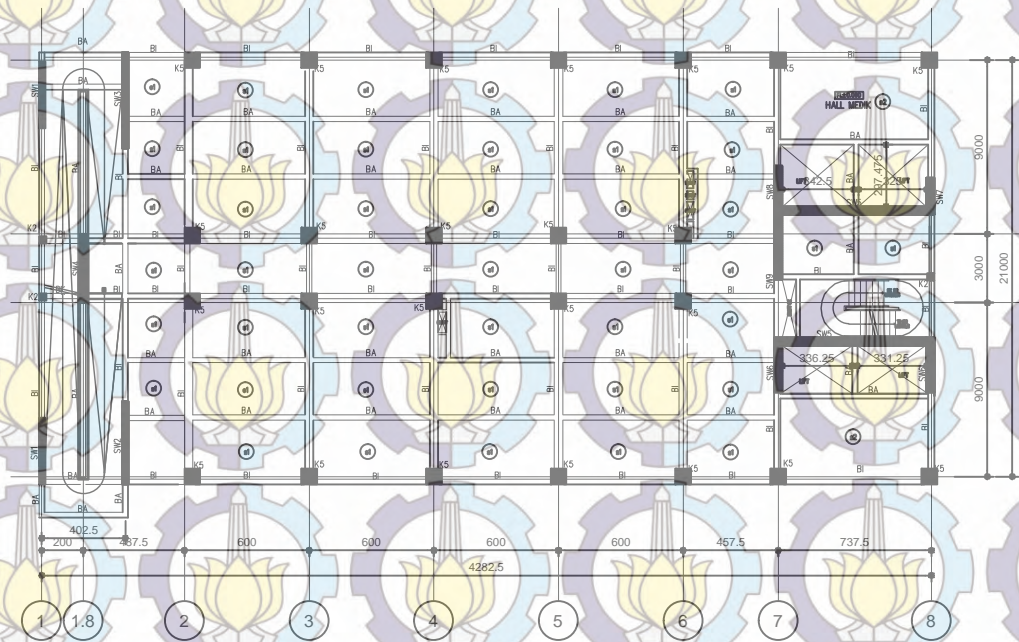
DENAH LANTAI 15-21

SKALA

LEMBAR

3





01 DENAH LANTAI 22-30  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

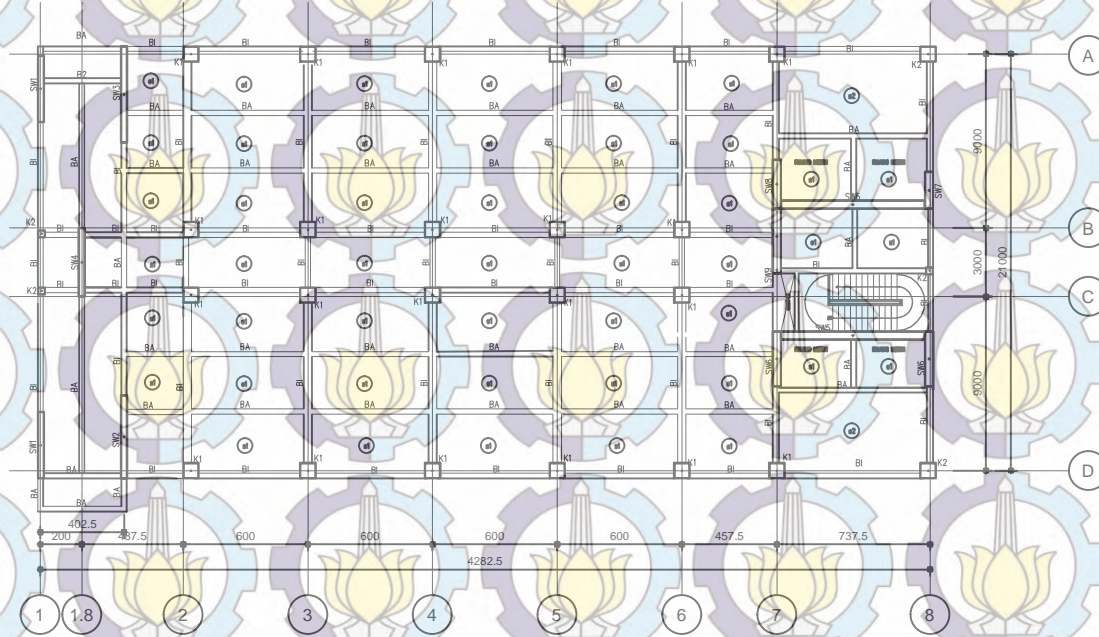
JUDUL GAMBAR  
DENAH LANTAI 22-30

SKALA

LEMBAR

4





01 DENAH LANTAI ATAP  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

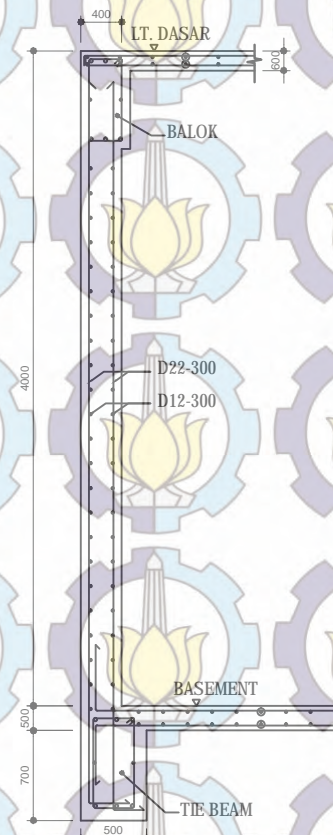
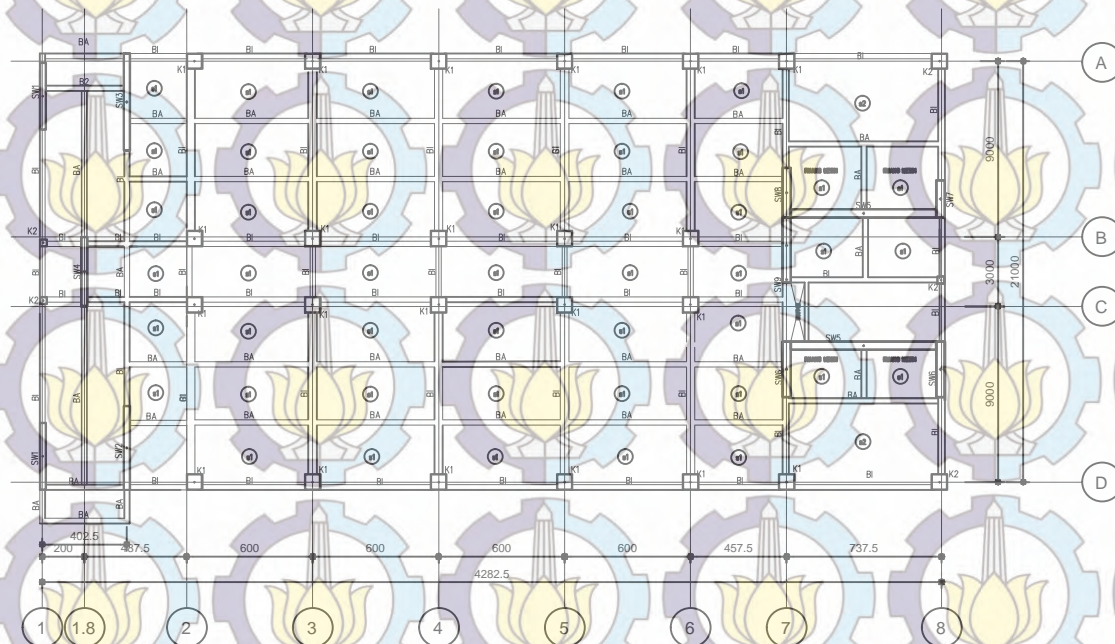
DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

JUDUL GAMBAR  
DENAH LANTAI ATAP

SKALA  
LEMBAR  
5





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

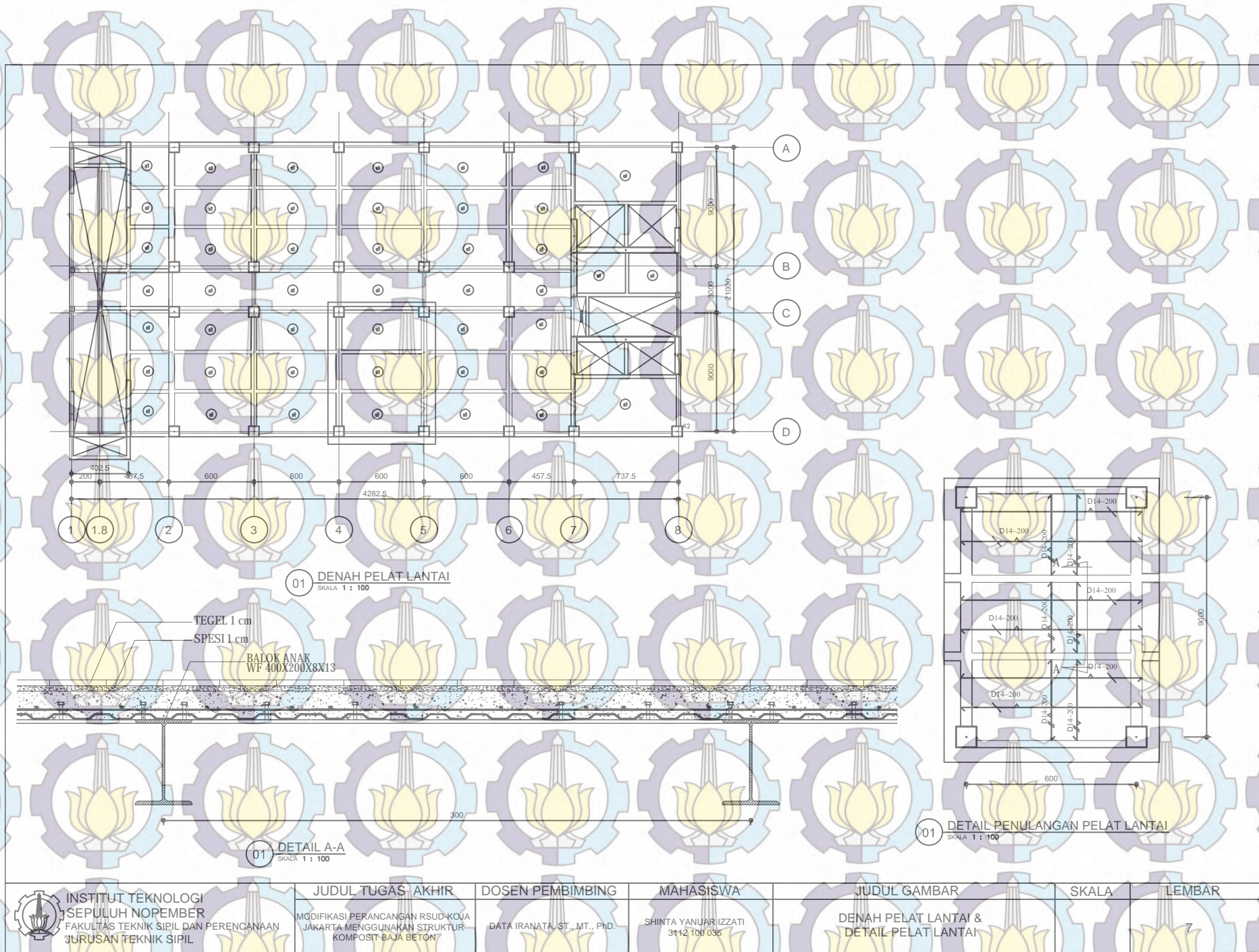
JUDUL GAMBAR  
DENAH LANTAI BASEMENT  
& DETAIL DINDING  
BASEMENT

SKALA

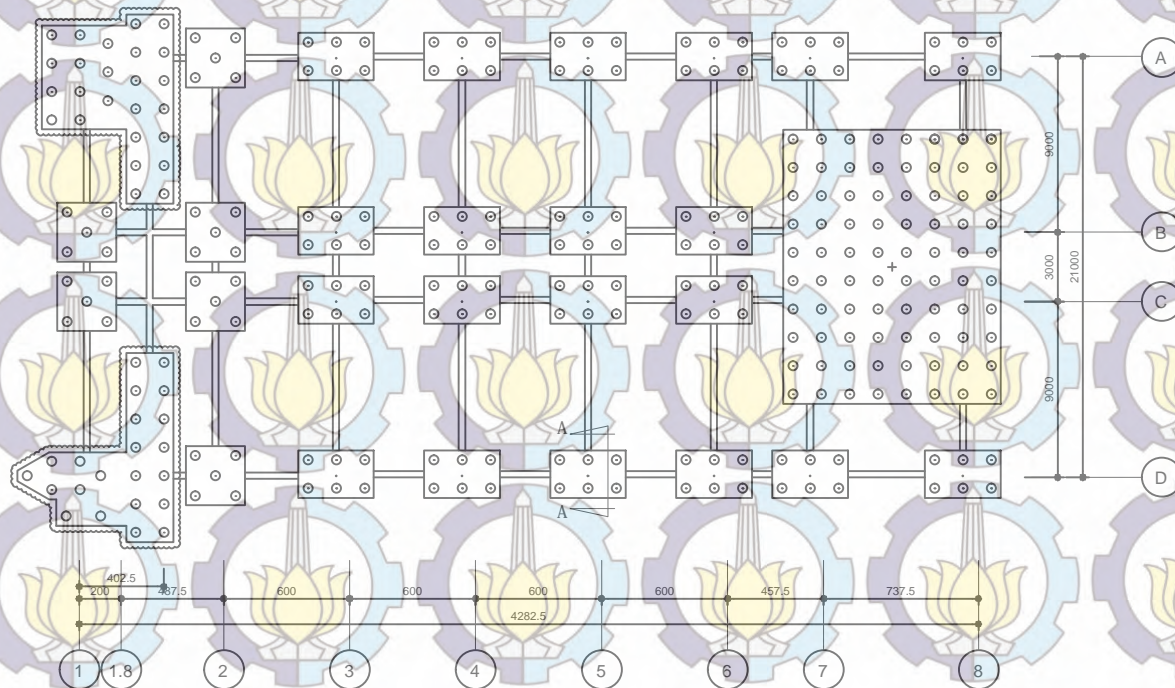
LEMBAR

6

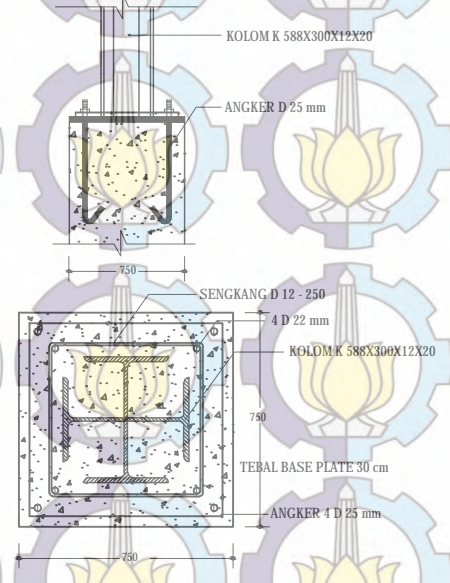




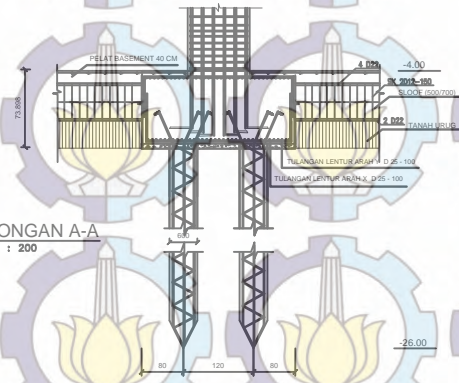




01 DENAH PONDASI  
SKALA 1 : 200



DETAIL KOLOM PADESTAL DAN BASE PLATE  
Skala 1 : 10



01 POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112 100 035

JUDUL GAMBAR  
DENAH PONDASI & DETAIL  
PONDASI

SKALA

LEMBAR

8





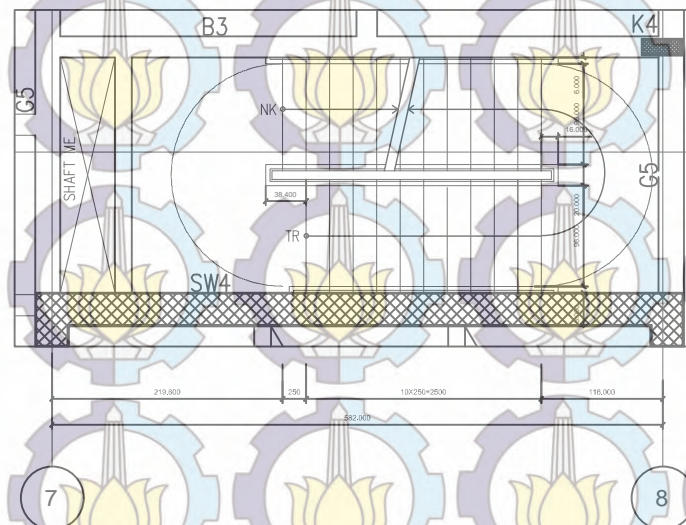
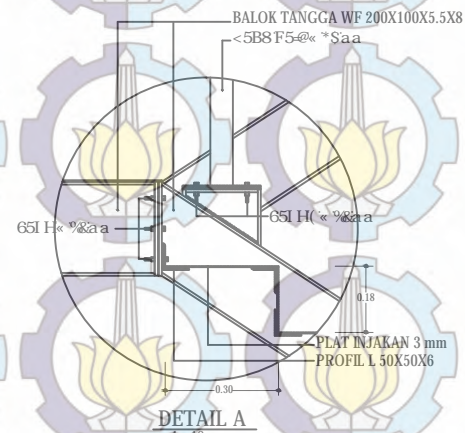
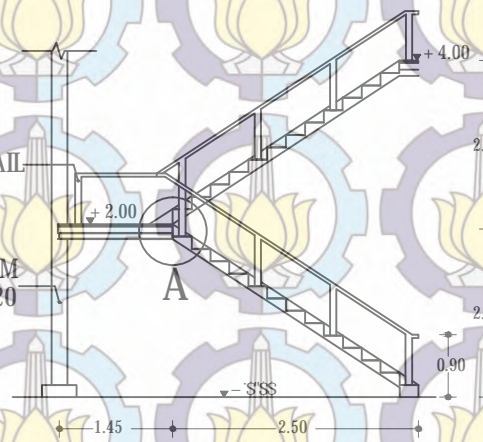






HAND RAIL

KOLOM  
K 588X300X12X20



06 DENAH TANGGA  
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

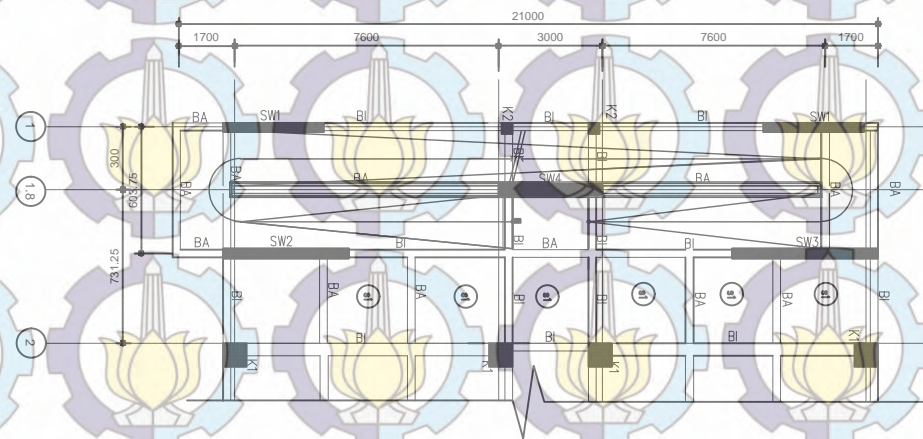
JUDUL GAMBAR  
DENAH TANGGA & DETAIL  
TANGGA

SKALA

LEMBAR

11





01 DENAH RAMP  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112 100 035

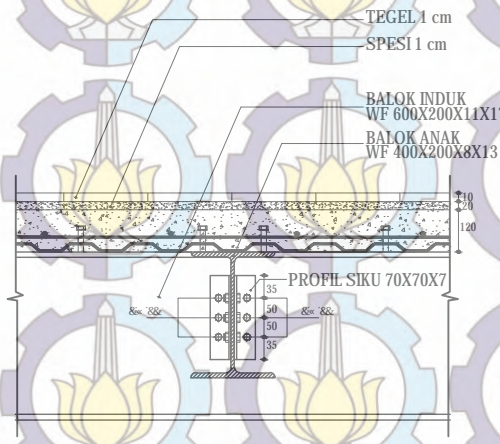
JUDUL GAMBAR  
DENAH RAMP

SKALA

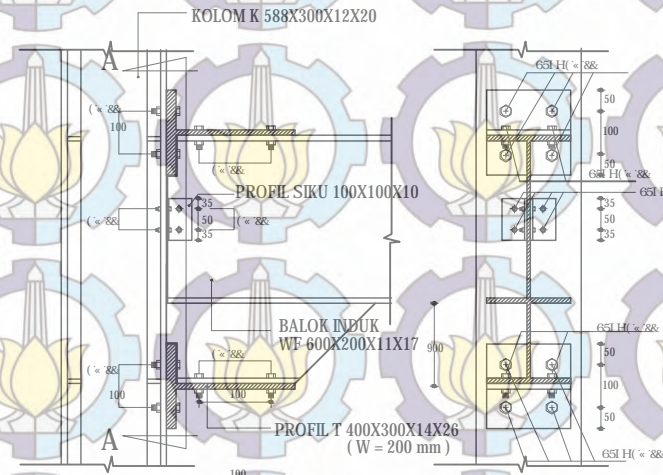
LEMBAR

12

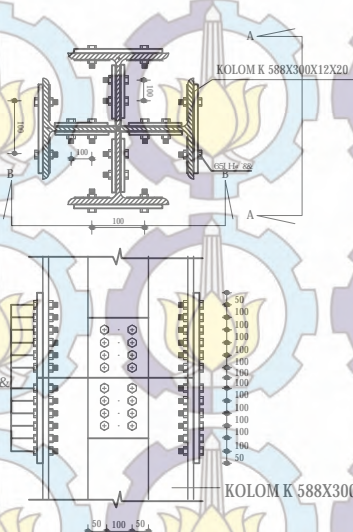




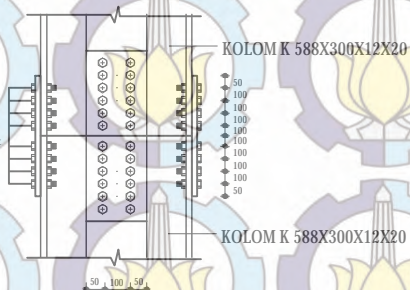
DETAIL SAMB. BLK. INDUK DAN BLK. ANAK  
Skala 1 : 10



DETAIL SAMB. BALOK INDUK DAN KOLOM  
Skala 1 : 10



POT. A - A  
Skala 1 : 10



POT. B - B  
Skala 1 : 10

DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM  
Skala 1 : 10

01 DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 1-7  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

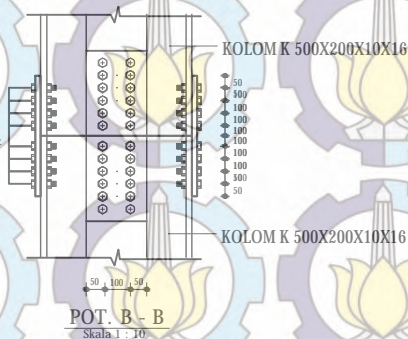
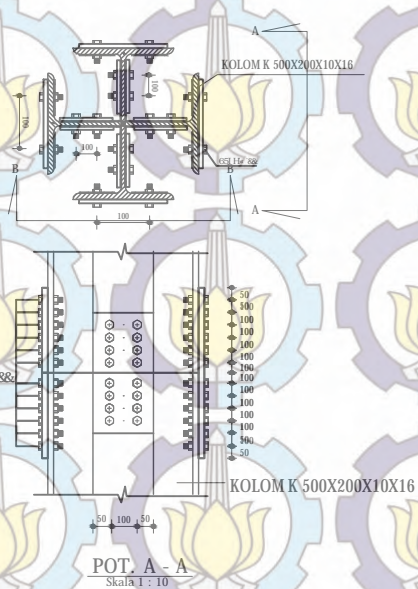
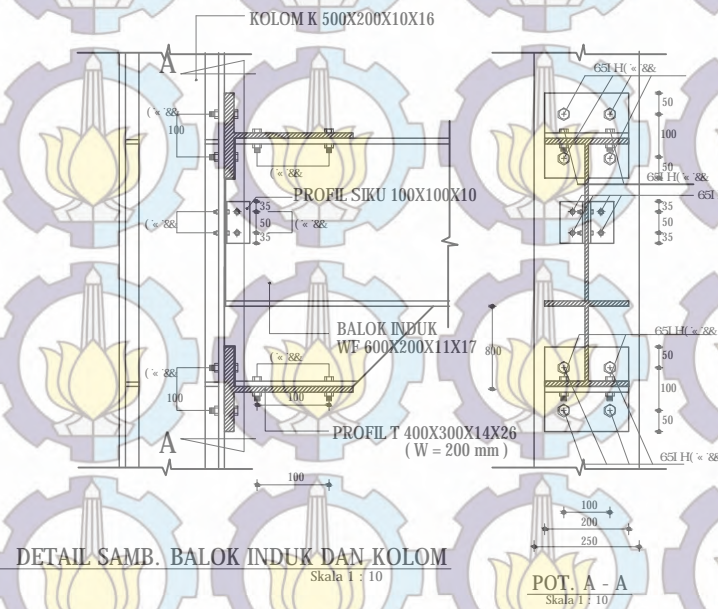
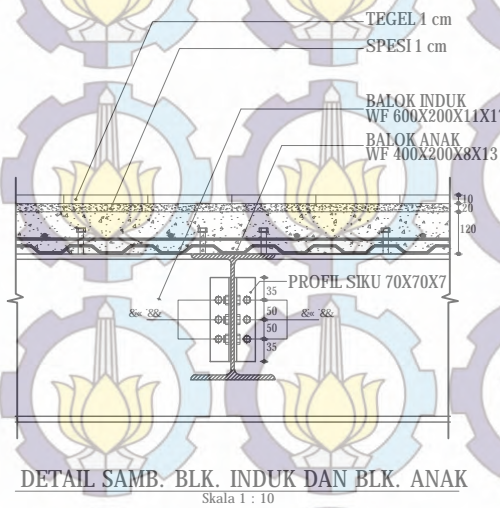
JUDUL GAMBAR  
DETAIL SAMBUNGAN  
LANTAI 1-7

SKALA

LEMBAR

13





DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM  
Skala 1 : 10

01 DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 8-14  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

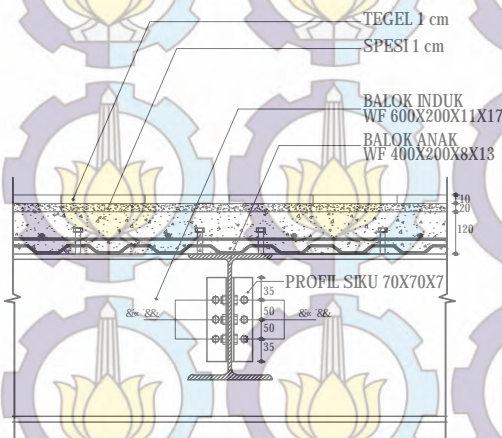
JUDUL GAMBAR  
DENAH SAMBUNGAN  
LANTAI 8-14

SKALA

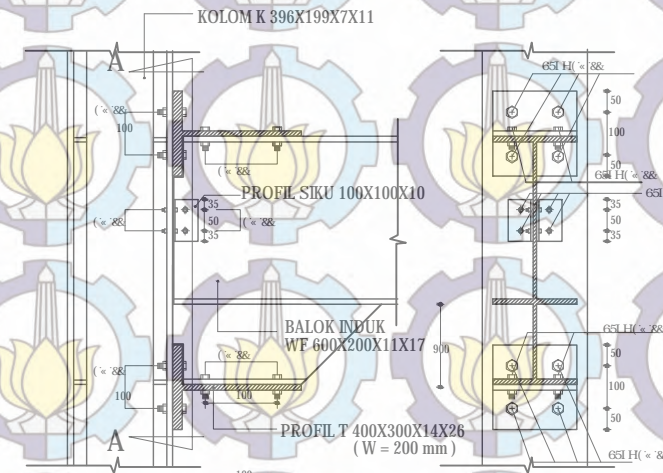
LEMBAR

14

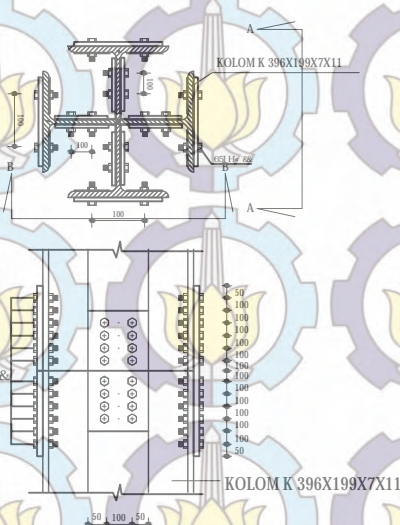




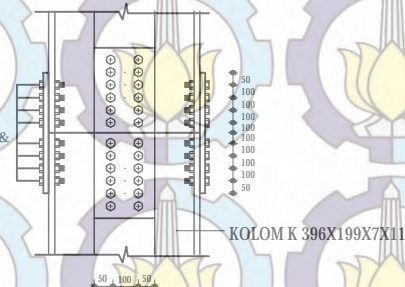
DETAIL SAMB. BLK. INDUK DAN BLK. ANAK  
Skala 1 : 10



DETAIL SAMB. BALOK INDUK DAN KOLOM  
Skala 1 : 10



POT. A - A  
Skala 1 : 10



POT. B - B  
Skala 1 : 10

DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM  
Skala 1 : 10

01 DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 15-21  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

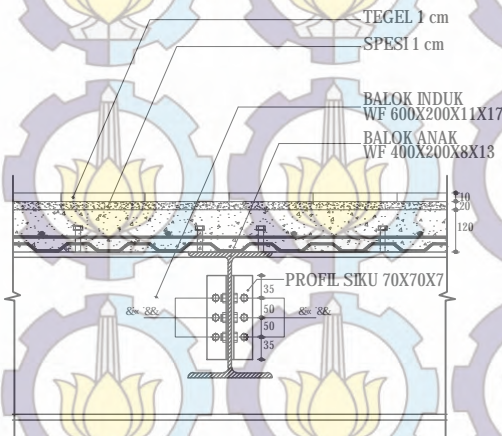
JUDUL GAMBAR  
DETAIL SAMBUNGAN  
LANTAI 15-21

SKALA

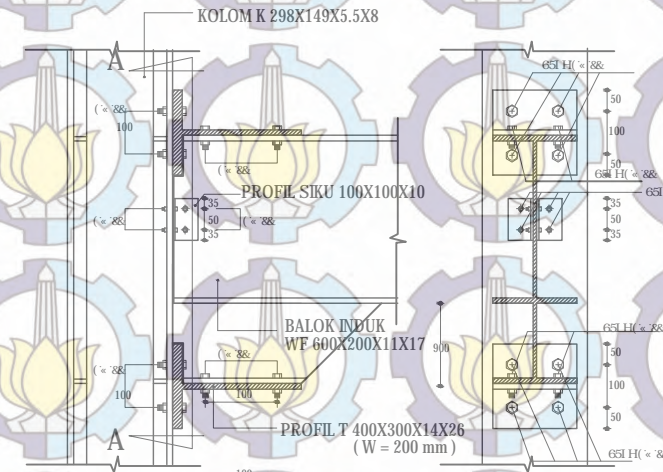
LEMBAR

15

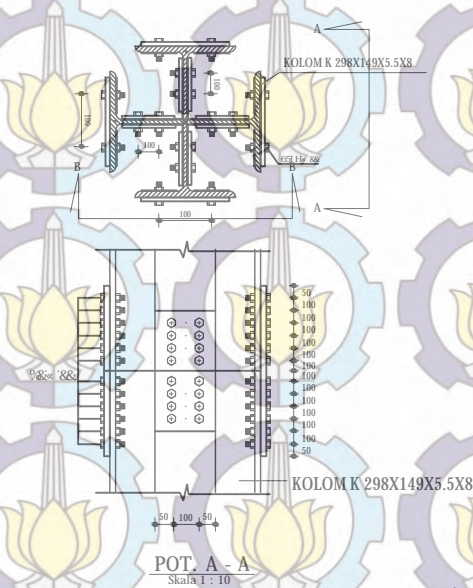




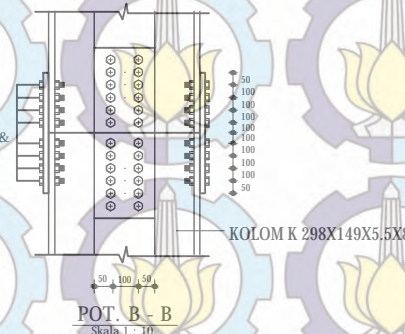
DETAIL SAMB. BLK. INDUK DAN BLK. ANAK  
Skala 1 : 10



DETAIL SAMB. BALOK INDUK DAN KOLOM  
Skala 1 : 10



POT. A - A  
Skala 1 : 10



POT. B - B  
Skala 1 : 10

DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM  
Skala 1 : 10

01 DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 22-30  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN RSUD-KOJA  
JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA BETON

DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST., MT., PHD.

MAHASISWA  
SHINTA YANUAR IZZATI  
3112100035

JUDUL GAMBAR  
DETAIL SAMBUNGAN  
LANTAI 22-30

SKALA

LEMBAR

16



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada Tanggal 14 Januari 1995, dengan nama lengkap Shinta Yanuar Izzati. Telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Kendangsari I (2000-2006), SMP Negeri 6 Surabaya (2006-2009), SMA Negeri 5 Surabaya (2009-2012). Menempuh pendidikan S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP. 3112100035.

Penulis mengambil bidang Struktur Perencanaan dengan Judul Proposal Tugas Akhir “Modifikasi Perancangan RSUD-Koja Jakarta Menggunakan Struktur Komposit Baja Beton.

No. HP : +6285 648042364  
Email : [shinta.izzati@gmail.com](mailto:shinta.izzati@gmail.com)